



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО-
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЮУрГУ»)

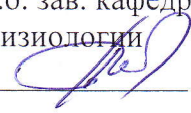
ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ И ФИЗИОЛОГИИ


**Эффекты влияния ионизирующего излучения на
организм человека и животных**

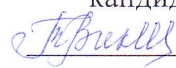
Выпускная квалификационная работа
по направлению 44.03.01 – «Педагогическое образование»
Направленность программы бакалавриата
«Биология. Безопасность жизнедеятельности»

Проверка на объем заимствований:
52,0 % авторского текста

Работа рекомендована к защите

«26» мая 2017 г.
и.о. зав. кафедрой общей биологии и
физиологии
 Байгужин П.А.

Выполнила:
студентка группы ОФ-501/066-5-1(559-60)
Савельева Наталья Алексеевна 

Научный руководитель:
кандидат биологических наук, доцент
 Шилкова Татьяна Викторовна

Челябинск
2017

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 3 |
| ГЛАВА 1. Ионизирующее излучение: характеристика, механизмы действия.6 | 6 |
| 1.1. Понятие об ионизирующих излучениях, их виды..... | 6 |
| 1.2. Основные источники ионизирующего излучения, их характеристика...8 | 8 |
| ГЛАВА 2. Биологическое действие ионизирующих излучений на биообъекты..... | 11 |
| 2.1. Эффекты воздействия ионизирующего излучения на клеточном и тканевом уровнях живых организмов..... | 11 |
| 2.2. Эффекты воздействия ионизирующих излучений на системы органов15 | 15 |
| 2.2.1. Эффекты влияния ионизирующего излучения на нервную и эндокринную системы..... | 17 |
| 2.2.2. Изменения в органах гемо-иммунопоэза при воздействии ионизирующего излучения..... | 18 |
| 2.3. Оценка биологического действия ионизирующего излучения на организм человека и животных..... | 20 |
| 2.4. Тератогенный эффект воздействия ионизирующих излучений..... | 24 |
| ГЛАВА 3. Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС)..... | 28 |
| 3.1. Последствия аварии на производственном объединении «Маяк»..... | 28 |
| 3.2. Оценка состояния здоровья работников ПО «Маяк» и остального населения г. Озерска..... | 33 |
| 3.3. Влияние производственной деятельности ПО «Маяк» на состояние здоровья детей г. Озерска..... | 41 |
| ГЛАВА 4. Использование материалов исследования в разработке учебного занятия..... | 45 |
| ВЫВОДЫ..... | 47 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 48 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 50 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 57 |

ВВЕДЕНИЕ

Изучение действия ионизирующих излучений на биологические объекты началось практически одновременно с их открытием Вильгельмом Рентгеном в 1895 году. Известно, что ионизирующее излучение — потоки фотонов, элементарных частиц или осколков деления атомов, способные ионизировать вещество. Ионизирующие (или ядерные) излучения возникают при распаде ядер радиоактивных элементов. Они невидимы и обнаруживаются по различным явлениям, происходящим при их действии на вещество. Опасность для биологических объектов связана с особенностями, которые присущи только ядерным излучениям. Они обладают высокой энергией, превышающей внутримолекулярную и межмолекулярную энергию связей атомов и молекул, проникают внутрь облучаемого объекта и передают ему свою энергию, вызывая при этом ионизацию и возбуждение атомов и молекул, разрывают химические связи в молекулах, т.е. вызывают радиолиз молекул.

Актуальность изучения действия радиации на живые организмы обусловлены расширением контактов человека и животных с радиационным воздействием [45]. Действие всех видов ионизирующих излучений на живые организмы и их сообщества изучает радиобиология. Фундаментальной задачей радиобиологии является выявление общих закономерностей биологической реакции организма на радиационное воздействие. Решение этой задачи позволит разработать пути и методы управления лучевыми реакциями организма, а также найти средства защиты и восстановления организма от воздействия излучений. К настоящему времени в радиобиологии имеется ряд проблем и нерешенных вопросов. Основная проблема — проблема радиочувствительности. По данным исследований российских ученых, пока не получено однозначного ответа, почему радиочувствительность организмов варьирует в очень широких пределах [36].

В стадии изучения находятся также такие вопросы, как механизм действия ионизирующих излучений, действие радиации на системы органов и на целый организм. При облучении и после облучения формируются различные повреждения, которые проявляются на разных уровнях организации тела человека — от атомного и молекулярного до организменного.

Цель работы: изучить действие ионизирующих излучений на биологические объекты на разных уровнях организации (органном, системном, организменном).

Для реализации поставленной цели предполагается решение следующих **задач**:

1. Изучить природу, физические свойства и механизм действия ионизирующих излучений на биообъекты;
2. Изучить биологическое действие радиации на целый организм, системы органов.
3. Проанализировать данные о последствиях аварии на химическом комбинате «Маяк» на состояние здоровья работников комбината, а также на заболеваемость детей, проживающих в г. Озерск Челябинской области.
4. Разработать учебное занятие с использованием материалов исследования.

Объект исследования – морфофункциональное состояние органов и систем биологических объектов (человека и животных).

Предмет исследования – изменения в органах и системах биологических объектов при воздействии ионизирующих излучений.

Ключевые слова: биологические системы, ионизирующее излучение, системы органов, нервная система.

Теоретико-практическая значимость исследования: данный опыт работы может быть рекомендован к применению учителям в курсе «Биология» в 8 классе; вариант темы: «Изменения в органах и системах при

воздействии экстремальных факторов среды». В 10-м классе в разделе: «Основы генетики»; вариант темы: «Причины мутаций».

База исследования: МОУ «Фершампенуазская» СШ. В анкетировании на основе добровольного согласия приняли участие обучающиеся 10-х классов.

Структура выпускной квалификационной работы была определена целью и задачами исследования. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка используемой литературы.

ГЛАВА 1. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ: ХАРАКТЕРИСТИКА, МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ

1.1. Понятие об ионизирующих излучениях, их виды

Ионизирующие излучения — это электромагнитные излучения, которые создаются при радиоактивном распаде, ядерных превращениях, торможении заряженных частиц в веществе и образуют при взаимодействии со средой ионы различных знаков.

В решении производственных задач имеют место разновидности ионизирующих излучений как корпускулярные (потoki альфа-частиц, электронов (бета-частиц), нейтронов) и фотонные (тормозное, рентгеновское и гамма-излучение) [3].

Альфа-излучение представляет собой поток ядер гелия, испускаемых естественным радионуклидом при радиоактивном распаде, имеют массу 4 у.е. и заряд +2. Энергия альфа-частиц составляет 4—7 Мэв. Пробег альфа-частиц в воздухе достигает 8—10 см, в биологической ткани нескольких десятков микрометров. Так как пробег альфа-частиц в веществе невелик, а энергия очень большая, то плотность ионизации на единицу длины пробега у них очень высока (на 1 см до десятка тысяч пар-ионов).

Бета-излучение — поток электронов или позитронов при радиоактивном распаде. Бета-частицы имеют массу, равную $1/1838$ массы атома водорода, единичный отрицательный (бета-частица) или положительный (позитрон) заряды. Энергия бета-излучения не превышает нескольких Мэв. Пробег в воздухе составляет от 0,5 до 2 м, в живых тканях — 2—3 см. Их ионизирующая способность ниже альфа-частиц (несколько десятков пар-ионов на 1 см пути).

Нейтроны — нейтральные частицы, имеющие массу атома водорода. Они при взаимодействии с веществом теряют свою энергию в упругих (по типу взаимодействия бильярдных шаров) и неупругих столкновениях (удар шарика в подушку).

Гамма-излучение — фотонное излучение, возникающее при изменении энергетического состояния атомных ядер, при ядерных превращениях или при аннигиляции частиц. Источники гамма-излучения, используемые в промышленности, имеют энергию от 0,01 до 3 Мэв. Гамма-излучение обладает высокой проникающей способностью и малым ионизирующим действием (низкая плотность ионизации на единицу длины).

Рентгеновское излучение — фотонное излучение, состоящее из тормозного и (или) характеристического излучения, возникает в рентгеновских трубах, ускорителях электронов, с энергией фотонов не более 1 Мэв. Тормозное излучение — фотонное излучение с непрерывным энергетическим спектром, возникающее при уменьшении кинетической энергии заряженных частиц. Характеристическое излучение — это фотонное излучение с дискретным энергетическим спектром, возникающее при изменении энергетического состояния электронов атома. Рентгеновское излучение, так же как и гамма-излучение, имеет высокую проникающую способность и малую плотность ионизации среды [15, 28].

Известно, что повреждающее действие разных видов ионизирующей радиации зависит от их проникающей активности и, следовательно, от плотности ионизации в тканях. Чем короче путь прохождения луча, тем выше плотность ионизации и сильнее повреждающее действие.

Реакция организма на ионизирующее излучение зависит от величины экспозиционной дозы, выражаемой в рентгенах (Р) и поглощенной дозы, выражаемой в радах (рад), в единицах СИ (Гр). Степень тяжести радиационного поражения зависит не только от дозы излучения, но и от продолжительности действия (мощности дозы). Повреждающее действие ионизирующей радиации при кратковременном облучении более выражено, чем при продолжительном облучении в одной и той же дозе. При дробном (фракционированном) облучении наблюдается понижение биологического эффекта: организм может терпеть облучение в более высоких суммарных порциях.

Индивидуальная реактивность и возраст имеют большое значение при определении тяжести радиационного поражения. Согласно данным [15,16] в опытах на животных были выявлены большие колебания персональной чувствительности – одни собаки выживали после однократного облучения в дозе 600 Р, другие погибали после облучения в дозе 275 Р. Также установлено, что молодые и беременные животные наиболее чувствительны к ионизирующему облучению. Старые животные наименее резистентны, вследствие снижения у них процессов регенерации.

1.2. Основные источники ионизирующих излучений, их характеристика

Источниками ионизирующего излучения (ИИИ) могут быть космические или земные объекты, а также технические устройства, испускающие или способные испускать ионизирующее излучение.

Источник ионизирующего излучения – объект, содержащий радиоактивный материал или техническое устройство, испускающее или способное испускать в определённых условиях ионизирующее излучение [24,36,41].

В зависимости от происхождения источники ИИ могут быть:

- 1) естественные (космические лучи, гамма излучение от земной породы, продукты распада);
- 2) искусственные (рентгеновское излучение, радиоактивные осадки, выбросы радионуклидов, гамма-излучение, используемое промышленностью).

Известно, что космические лучи – это уникальный естественный источник частиц сверхвысоких частиц. Многие небесные тела (Солнце, Солнечная корона, Луна) являются естественными источниками рентгеновского излучения [13].

Природная радиоактивность также связана с деятельностью человека. Радионуклиды присутствуют в топливе, в частности, в угле,

содержащем значительное количество природных радионуклидов. После сжигания угля, радиоактивные элементы концентрируются в зольной пыли, после поступают в окружающую среду с выбросами.

Удобрения, прежде всего фосфатные удобрения, содержат уран, значительное количество радионуклидов семейств урана и тория.

К естественным источникам радиоизотопов относят также термальные воды.

К техногенным источникам ионизирующего излучения относят – разнообразные технические устройства и комплексы различного назначения, в которых воплощаются современные достижения в развитии ядерных технологий.

Согласно данным [13,33,36,41], источники ИИ в зависимости от расположения могут быть:

1) Внутренние – вещества, попадающие вовнутрь организма и оседающие в нём (не обязательно случайно).

2) Внешние – находятся вне облучаемого объекта (ускорители, рентгеновские аппараты, реакторы).

Также различают источники ИИ:

1) Закрытые – радиоактивный источник, в котором радиоактивный материал заключён в оболочку (ампулу) и предотвращается контакт персонала с открытым веществом.

2) Открытые – источники, при использовании которых возможно попадание радионуклидов в окружающую среду.

В качестве источников ИИ используются радионуклиды (изотопы):

1) Альфа-излучатели (радионуклиды с большим атомным весом: самарий-146, гадолиний-150, полоний-210, радий-226, актиний-227, протактиний-231, нептуний-237, торий-228,229,230,232, изотопы урана, плутония, америций-241,243, кюрий-242-246, берклий-247, калифорний-249,250,251,252). В большинстве случаев предпочитают «чистые» альфа-излучатели, без других видов излучения.

2) Бета-излучатели (тритий, бериллий-10, углерод-14, натрий-24, фосфор-32, стронций-89).

3) Гамма-излучатели – излучатели жёсткого электромагнитного излучения, обладают высокой проникающей способностью. Большинство радионуклидов являются гамма-излучателями: кобальт-60, церий-144, цезий-134,137, иридий-192, селен-75, сурьма-124, европий-152,154, радий-226.

4) Излучатели нейтронов – трансурановые радионуклиды, обладающие спонтанным делением. Наиболее интенсивные: плутоний-232,240,242, кюрий-242,244,246,248, калифорний-252,254. Источником также является отработанное ядерное топливо, в котором накапливаются трансурановые элементы. Нейтронное излучение оказывает в 6-10 раз большее воздействие на организм человека по сравнению с гамма-квантами за счёт глубокого проникновения [33,34,35].

ГЛАВА 2. БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА БИООБЪЕКТЫ

2.1 Эффекты воздействия ионизирующего излучения на клеточном и тканевом уровнях живых организмов

Под биологическим действием ионизирующих излучений понимают изменения, которые возникают в жизнедеятельности и структуре живых организмов при воздействии коротковолновых электромагнитных волн (рентгеновского излучения и гамма-излучения) или потоков заряженных частиц (альфа-частиц, бета-излучения, протонов) и нейтронов [33,34].

Исследования биологического действия ионизирующих излучений были начаты сразу после открытия рентгеновского излучения (1895) и радиоактивности (1896). В 1896 г. русский физиолог И. Р. Тарханов показал, что рентгеновское излучение, проходя через живые организмы, нарушает их жизнедеятельность.

Чтобы понять механизмы, определяющие естественную радиочувствительность организма, необходимо последовательно рассмотреть клеточные и тканевые аспекты радиочувствительности, так как клетка — основная биологическая единица, в которой реализуется воздействие поглощенной при облучении энергии, что в последующем приводит к развитию лучевого поражения.

Известно, что на клеточном уровне воздействие ионизирующего излучения обусловлено взаимодействием свободных радикалов с молекулами белков, нуклеиновых кислот и липидов, когда вследствие всех этих процессов образуются органические перекиси и возникают быстропроходящие реакции окисления. В результате перекисного окисления в организме накапливается множество измененных молекул, в результате чего начальный радиационный эффект многократно усиливается. В первую очередь, все это будет отражаться на структуре биологических мембран, у которых будут меняться их сорбционные свойства, и повышаться

проницаемость (в том числе мембран лизосом и митохондрий). Изменения в мембранах лизосом приводят к освобождению и активации ДНК-азы, РНК-азы, катепсинов, фосфатазы, ферментов гидролиза мукополисахаридов и ряда других ферментов.

Путем диффузии гидролитические ферменты могут достичь любой органеллы клетки. Под действием этих ферментов происходит дальнейший распад макромолекулярных компонентов клетки, в том числе нуклеиновых кислот, белков. Разобщение окислительного фосфорилирования приводит к угнетению синтеза АТФ и к нарушению биосинтеза белков.

Также установлено, что в основе радиационного поражения клетки лежит нарушение ультраструктур клеточных органелл и связанные с этим изменения обмена веществ. Кроме того, ионизирующая радиация вызывает образование в тканях организма целого комплекса токсических продуктов, усиливающих лучевой эффект – так называемых радиотоксинов. Среди них наибольшей активностью обладают продукты окисления липидов - перекиси, эпоксиды, альдегиды и кетоны. Образуясь тотчас после облучения, липидные радиотоксины стимулируют образование других биологически активных веществ – хинонов, холина, гистамина и вызывают усиленный распад белков. Будучи введенными необлученным животным, липидные радиотоксины оказывают действие, напоминающее лучевое поражение. Ионизирующее излучение оказывает наибольшее воздействие на ядро клетки, угнетая митотическую активность [33,34,35].

Согласно данным [16,18], среди многих проявлений жизнедеятельности клетки наиболее чувствительна в отношении ионизирующего излучения ее способность к делению. Под клеточной гибелью (или летальным эффектом) понимают утрату клеткой способности к пролиферации, а выжившими считают клетки, сохранившие способность к неограниченному размножению.

В зависимости от связи летального эффекта с процессом деления различают две основные формы радиационной гибели клеток: интерфазную

(до деления клетки или без него) и репродуктивную (после первого или нескольких последующих циклов деления). Для большинства клеток характерна репродуктивная форма лучевой гибели, основной причиной которой являются структурные повреждения хромосом, возникающие в процессе облучения. Гибель таких аберрантных клеток или их потомков происходит вследствие неравномерного разделения или частичной утраты жизненно необходимого генетического материала из-за неправильного соединения разорванных хромосом или отрыва их фрагментов. Определение доли клеток с хромосомными абберациями часто используют в качестве надежного количественного показателя радиочувствительности, т.к. с одной стороны, число поврежденных клеток четко зависит от дозы ионизирующего излучения, а с другой — отражает его летальное действие [10].

Экспериментально установлено, что ионизирующее излучение действует на клетки тем сильнее, чем они моложе и менее дифференцированные.

Гибель клеток и опустошение тканей играют важную роль в развитии общих поражений организма от ионизирующего излучения – лучевой болезни [3,15,16].

Группы клеток образуют ткани, из которых состоят органы и системы. Ткань – это не просто сумма клеток, это уже система, имеющая свои функции, свою систему саморегуляции. Установлено, что клетки ткани, которые активно делятся, более подвержены действию радиации. Поэтому мышцы, мозг, соединительные ткани у взрослых организмов достаточно устойчивы к воздействию радиации. Клетки же костного мозга, зародышевые клетки, клетки слизистой оболочки кишечника являются наиболее уязвимыми. Кроме того, на тканевую радиочувствительность оказывают большое влияние и другие факторы: степень кровоснабжения, величина облучаемого объекта. Также радиочувствительность ткани нельзя рассматривать только с позиций составляющих ее клеток без учета морфофизиологических факторов. Например, эритробласты изменяют свою

радиочувствительность в зависимости от места их нахождения в организме — в селезенке или костном мозге. Все это усложняет оценку радиочувствительности тканей, органов и целого организма, но не отвергает принципиального и ведущего значения цитокинетических параметров, определяющих тип и выраженность лучевых реакций на всех уровнях биологической организации [15,19,45].

При оценке радиочувствительности тканей необходимо учитывать, что при переходе от изолированной клетки к ткани, к органу и организму все явления усложняются. Это происходит потому, что не все клетки поражаются в равной степени, а тканевой эффект не равен сумме клеточных эффектов: ткани, а тем более органы и системы нельзя рассматривать как простую совокупность клеток. Находясь в составе ткани, клетки в значительной степени зависимы и друг от друга, и от окружающей среды. На митотическую активность, степень дифференцированности, уровень и особенности метаболизма, а также другие физиологические параметры отдельных клеток влияют окружающие их клетки, что необходимо для существования всей популяции в целом. [19,45].

Более устойчивыми к действию ионизирующей радиации являются мышечная и соединительная ткани. Среди соединительных тканей сравнительно высокой радиостойчивостью обладают костная и хрящевая ткани. Однако в период роста (в детском возрасте) а также в пролиферативном состоянии (при заживлении переломов), радиочувствительность этих тканей повышается. Наибольшая радиочувствительность скелетной ткани характерна для эмбрионального периода, так как особенно интенсивная пролиферация остеобластов и хондробластов у человека происходит на 38-85 сутки эмбрионального развития. Мышцы – высокорезистентные.

2.2. Эффекты воздействия ионизирующих излучений на системы органов

На органном уровне радиочувствительность зависит не только от радиочувствительности тканей, составляющих данный орган, но и от его функций. На основании морфологических признаков поражения органы и ткани распределяются в следующем нисходящем порядке: лимфоидные органы (лимфатические узлы, селезенка, зубная железа, лимфоидная ткань других органов), костный мозг, семенники, яичники, слизистая оболочка желудочно-кишечного тракта. Еще меньше поражаются кожа с придатками, хрящи, кости, эндотелий сосудов. Высокой радиоустойчивостью обладают паренхиматозные органы: печень, надпочечники, почки, слюнные железы, легкие [19].

Следует рассмотреть действие излучения на отдельные органы и системы при внешнем облучении.

Со стороны мужской половой системы под влияние излучения попадают семенники [8,45]. Клетки семенников находятся на разных стадиях развития. Наиболее радиочувствительные клетки – сперматогонии, наиболее радиорезистентные – сперматозоиды. При воздействии однократного облучения в дозе 0,15-2 Гр возникает временная олигоспермия, свыше 2,5 Гр – временная стерильность, а в дозе более 3,5 Гр наблюдается стойкая стерильность.

Со стороны женской половой системы страдают яичники. В яичниках взрослой женщины содержится популяция незаменимых овоцитов (их образование заканчивается в ранние сроки после рождения). Женские половые клетки высоко радиочувствительны в процессе митотического деления и неспособны к регенерации. Воздействие однократного облучения в дозе 1 – 2 Гр на оба яичника вызывает временное бесплодие и прекращение менструаций на 1 – 3 года. При остром облучении в диапазоне доз 2,5 – 6 Гр развивается стойкое бесплодие [7,8].

Гончаренко Е.Н. (1989) и Воробьев Е.И. (1991), основываясь на данных собственных исследований, пришли к заключению, что сердце обладает выраженной радиочувствительностью. В сосудах большей радиочувствительностью обладает наружный слой сосудистой стенки, что объясняется высоким содержанием коллагена. При локальном облучении в дозах 5 – 10 Гр можно обнаружить изменения миокарда. При дозе 20 Гр отмечается поражение эндокарда.

Согласно данным [3,16,19,48], установлено влияние ионизирующего излучения на функционирование органов пищеварительной системы, например, секреторную функцию желудка. Авторами установлено, что в малых дозах ионизирующее излучение стимулирует деятельность желудочных желез при пониженной активности и угнетает деятельность желез при гиперфункции. Среди органов пищеварения высокой радиочувствительностью обладает тонкий кишечник. Далее по снижению радиочувствительности следуют полость рта, язык, слюнные железы, пищевод, желудок, прямая и ободочная кишки, поджелудочная железа, печень.

Сложность оценки радиочувствительности органов дыхания состоит в том, что они содержат клеточные структуры, значительно различающиеся по устойчивости к радиации. Так, хрящевая ткань воздухоносных путей и плевра радиоустойчивы; лимфатическая ткань и сосудистая система легких, а также бронхиолярный эпителий и клетки, выстилающие альвеолы, радиочувствительны [19]. В результате общего облучения организма в органах дыхания возникают изменения, находящиеся в полном соответствии с развитием клинических и анатомических признаков лучевой патологии. Лёгкие взрослого человека – стабильный орган с низкой пролиферативной активностью. Последствия облучения легких проявляются не сразу. При локальном облучении может развиваться радиационный пневмонит, сопровождающийся потерей эпителиальных клеток, воспалением дыхательных путей и легочных альвеол, приводящий к фиброзу. При

однократном воздействии гамма-излучения LD_{50} для человека составляет 8-10 Гр, а при фракционировании в течение 6-8 недель – 30-30 Гр.

Так же изучалось [4,7,10,44] влияние радиации на органы выделения. Почки достаточно радиорезистентны. Однако облучение почек в дозах более 30 Гр за 5 недель может привести к развитию хронического нефрита (это может быть лимитирующим фактором при проведении лучевой терапии опухолей органов брюшной полости).

При воздействии ионизирующего излучения на орган зрения установлено два типа поражений глаз: воспалительные процессы в конъюнктиве и склере (при дозах 3 - 8 Гр) и катаракта (при дозах 3 - 10 Гр). У человека катаракта появляется при облучении в дозе 6 Гр. Наиболее опасным является нейтронное облучение.

2.2.1 Эффекты влияния ионизирующего излучения на нервную и эндокринную системы

Нервная система является наиболее радиостойчивой из всех критических систем организма. Ее решающая роль в летальном исходе лучевого поражения проявляется при действии массивных доз ионизирующей радиации. В ответ на облучение ткань мозга реагирует как единая система: прямые поражения нейронных структур и расстройства циркуляции, связанные с поражением стенок кровеносных сосудов, обычно сопутствуют друг другу. Повреждения капиллярных сосудов проявляются в виде набухания эндотелиальных клеток.

Тархановым И.Р. (1996 г.) в экспериментах на лягушках была установлена высокая чувствительность нервной системы к радиационному воздействию. Изучая влияние рентгеновского облучения на двигательную активность лягушки, автор установил удлинение времени рефлекса. Лондон Е.С. (1993 г.) в экспериментах на мышах установил, что облучение головы лучами радиации приводит к функциональным (вялость, порезы, параличи) и

морфологическим изменениям в коре больших полушарий. Жуковский М.О. (1993) обнаружил, что лучи радия вначале вызывают повышение, а затем снижают возбудительные процессы коры мозга. В отличие от зрелой нервной ткани мозг молодых животных более радиочувствителен, чем другие ткани организма. Клеточная гибель наблюдается при дозах свыше 100 Гр. Установлено, что после общего облучения в очень высоких дозах (5000 Р и выше) или локального облучения головы у животных развивается центральный нервно-системный синдром. Иногда его называют мозговым синдромом. При этом виде лучевого поражения характерными будут признаки менингита, энцефалита, отека мозга; исход поражения, как правило, летальный – животное погибает в течение первых часов и реже 2-3 суток [10,16].

Для эндокринной системы в качестве эффектов воздействия характерна низкая скорость обновления клеток. Наиболее радиочувствительными органами эндокринной системы являются половые железы, гипофиз, щитовидная железа, островки поджелудочной железы, парашитовидная железа [15,17,31,32].

2.2.2 Изменения в органах гемо-иммунопоэза при воздействии ионизирующего излучения

Изменения в картине периферической крови и в кроветворных органах являются одними из главных критериев в оценке действия облучения на организм.

Выраженность количественных изменений морфологического состава костного мозга и периферической крови в процессе длительного радиационного воздействия зависит от мощности дозы и радиочувствительности структурных компонентов системы гемопоэза [1,50].

Согласно данным автора [50] при протяженном непрерывном или фракционированном облучении мелких лабораторных животных в суточной

дозе более 180 сГр общая картина развития радиационного поражения кроветворной ткани подобна той, которая наблюдается при остром облучении в летальном диапазоне доз. Основными причинами гибели биологических объектов являются развитие сепсиса и геморрагических проявлений, что связано с наличием глубокой аплазии костного мозга, цитопеническими реакциями в периферической крови.

Относительное равновесие в системе кроветворения развивается при облучении в диапазоне от 30 до 50 сГр/сут. Радиационная инаktivация стволовых кроветворных клеток и делящихся клеток морфологически идентифицируемых отделов костного мозга компенсируется увеличением доли пролиферирующих клеток и скорости их деления [50,51].

В более поздний период облучения, когда поглощенная доза достигает больших величин, активация кроветворения сменяется постепенным угнетением. Срывы в системе гемопоза, приводящие животных к гибели, обусловлены нарушением регуляторных процессов. При непрерывном облучении животных при мощности дозы 50 сГр/сут. гибель животных наступает в широком временном интервале [1,2,50].

Наряду с тканевыми компенсаторными реакциями, при облучении возможно развитие и ряда других функциональных механизмов компенсации и приспособления к повреждению кроветворения. Процессы физиологического кровераспределения, сдвиги в фагоцитарной активности входят в общий адаптационный синдром, присущий начальным реакциям организма на облучение в относительно малых суммарных дозах.

В последние годы появились работы, изучающие влияние малых доз ИИ на систему гемостаза организма, где авторы утверждают, что дозы, полученные людьми при рентгеновских исследованиях или длительном проживании на загрязненных территориях, способны изменять нормальные показатели периферической крови [18,39], и эти факты, по их мнению, подтверждают опасность действия малых доз облучения. Однако такие изменения неспецифичны для ИИ, они могут быть вызваны и другими

природными или техногенными факторами, такими как курение, загрязнение воздуха, воды и продуктов питания химическими веществами. Облучение в малых дозах лишь повышает риск этих последствий [28].

Юшков Б.Г., и соавт. (1999) в экспериментальном исследовании изучали влияние ионизирующего излучения на органы кроветворения [51]. Авторы подвергали облучению крыс на установке ИГУР-1. в дозах 4,5 и 9,0Гр. При облучении у животных в периферической крови были выявлены изменения, типичные для лучевого поражения: прогрессивное снижение содержания гемоглобина, эритроцитов; нейтрофильный лейкоцитоз первых часов сменялся нарастающей лейкопенией, а лимфопения отмечалась во все сроки наблюдения. Степень их выраженности зависела от дозы облучения [29]. При подсчете общей клеточности костного мозга установлено ее сокращение в бедренной кости на 100г массы ко 2-м суткам после облучения. В костном мозге отмечалось угнетение всех ростков кроветворения, степень которого, зависела от дозы облучения. С увеличением времени, прошедшего после облучения (4 сутки), и дозы (9,0 Гр) все изменения становились еще более выраженными. Также авторами [50,52] было установлено снижение весового индекса и клеточности селезенки после облучения и при дозе 4,5 Гр ($1,86 + 0,22$ мг/г массы тела – $1,64+0,02$ мг/г) и при 9,0 Гр($1,90+0,09$ мг/г – $1,48+0,1$ мг/г). Выявленные морфофункциональные изменения в кроветворной ткани при облучении свидетельствовали о ее поражении, зависящем от дозы облучения и времени, прошедшего после воздействия.

2.3. Оценка биологического действия ионизирующего излучения на организм человека и животных

Согласно данным [39], различают два вида эффекта воздействия на организм ионизирующих излучений: соматический и генетический. При соматическом эффекте действия излучений, последствия проявляются непосредственно у облучаемого, при генетическом – у его потомства.

Соматические эффекты могут быть ранними или отдалёнными. Ранние возникают в период от нескольких минут до 30-60 суток после облучения. К ним относят покраснение и шелушение кожи, помутнение хрусталика глаза, поражение кровеносной системы, лучевая болезнь, летальный исход. Отдалённые соматические эффекты проявляются через несколько месяцев или лет после облучения в виде стойких изменений кожи, злокачественных новообразований, снижения иммунитета, сокращения продолжительности жизни.

Для биологического действия ионизирующих излучений характерен ряд общих закономерностей:

1) Глубокие нарушения жизнедеятельности вызываются ничтожно малыми количествами поглощаемой энергии.

2) Биологическое действие ионизирующих излучений не ограничивается подвергнутым облучению организмом, но может распространяться и на последующие поколения, что объясняется действием на наследственный аппарат организма.

3) Для биологического действия ионизирующих излучений характерен скрытый (латентный) период, т. е. развитие лучевого поражения наблюдается не сразу. Продолжительность латентного периода может варьировать от нескольких минут до десятков лет в зависимости от дозы облучения, радиочувствительности организма. Так, при облучении в очень больших дозах (десятки тыс. рад) можно вызвать «смерть под лучом», длительное же облучение в малых дозах ведёт к изменению состояния нервной и других систем, к возникновению опухолей спустя годы после облучения [18,43].

Большое значение имеют также возраст, физиологическое состояние, интенсивность обменных процессов организма, а также условия облучения. При этом, помимо дозы облучения организма, играют роль: мощность, ритм и характер облучения (однократное, многократное, прерывистое, хроническое, внешнее, общее или частичное, внутреннее), его физические особенности, определяющие глубину проникновения энергии в организм

(рентгеновское, гамма-излучение, альфа - и бета-частицы), плотность ионизации (под влиянием альфа-частиц она больше, чем при действии других видов излучения). Все эти особенности воздействующего лучевого агента определяют относительную биологическую эффективность излучения.

Если источником излучения служат попавшие в организм радиоактивные изотопы, то огромное значение для биологического действия ионизирующих излучений, испускаемого этими изотопами, имеет их химическая характеристика, определяющая участие изотопа в обмене веществ, концентрацию в том или ином органе, а также характер облучения организма.

В работах авторов [15,16] установлена степень радиочувствительности биообъектов – микроорганизмов, растений. Микроорганизмы, по чувствительности к радиационному действию, располагают в таком порядке: наиболее чувствительны бактерии, затем плесени, дрожжи, споры бактерий, вирусы. Однако это разделение не абсолютно, так как среди бактерий есть виды более радиоустойчивые, чем вирусы. Чувствительность бактерий к радиации значительно изменяется внутри одного и того же вида и популяции бактериальных клеток. В популяции всегда присутствуют особо радиорезистентные клетки, для того, чтобы их убить, нужно облучать более мощными дозами, чем те, при которых погибает основная масса клеток более радиочувствительных. Грамположительные бактерии менее чувствительны к облучению, чем грамотрицательные.

Известно, что растения более устойчивы к радиационному воздействию, чем птицы и млекопитающие [15]. Облучение в небольших дозах может стимулировать жизнедеятельность растений – прорастание семян, интенсивность роста корешков, накопление зелёной массы и др. Большие дозы (200 - 400 Гр) вызывают снижение выживаемости растений, появление уродств, мутаций, возникновение опухолей. Нарушения роста и развития растений при облучении в значительной степени связаны с изменениями обмена веществ и появлением первичных радиотоксинов,

которые в малых количествах стимулируют жизнедеятельность, а в больших – подавляют и нарушают её. Так, промывка облученных семян в течение суток после облучения снижает угнетающий эффект на 50-70%.

Согласно данным [15], у растений лучевая болезнь возникает под воздействием различных видов ионизирующих излучений. Наиболее опасны альфа-частицы и нейтроны, нарушающие нуклеиновый, углеводный и жировой обмен в растениях. Очень чувствительны к облучению корни и молодые ткани. Общий симптом лучевой болезни – задержка роста. Например, у молодых растений пшеницы, фасоли, кукурузы и других задержка роста наблюдается через 20-30 ч после облучения дозой более 4 Гр. В то же время разными исследователями показано, что облучение воздушно-сухих семян многих культур дозами 3-15 Гр не только не приводит к угнетению роста и развития растений, а напротив способствует ускорению многих биохимических процессов. Это выражалось в ускорении развития и увеличении урожайности.

Установлены видовые, сортовые и индивидуальные внутрисортные различия в радиочувствительности растений [15]. Например, симптомы лучевой болезни у традесканции возникают при её облучении дозой 40 р, у гладиолуса – 6000 р. Смертельная доза облучения для большинства высших растений 2000-3000 р (поглощенная доза порядка 20-30 Гр), а низших, например дрожжей, 30 000 р (300 Гр). При лучевой болезни повышается также восприимчивость растений к инфекционным болезням. Пораженные растения нельзя использовать в пищу и на корм скоту, так как они могут вызвать лучевую болезнь у человека и животных. Методы защиты растений от лучевой болезни разработаны недостаточно.

Особенности поражения организма в целом определяются факторами:

а) Типом радиации. Все виды ионизирующей радиации могут оказать влияние на здоровье. Главное различие заключается в количестве энергии, определяющей проникающую способность альфа и бета частиц, гамма и рентгеновского излучения.

б) Размером полученной дозы. Чем выше доза полученной радиации, тем выше вероятность возникновения медико-биологических последствий

в) Продолжительностью воздействия радиации. Если доза получена в течение дней или недели, эффекты часто не такие серьезные, если подобная доза была получена в течение минут.

г) Частью тела, подвергнутой действию ИИ. Конечности (руки или ноги) получают большее количество радиации с менее выраженными повреждениями, чем кровь, внутренние органы, размещенные в пояснице.

д) Возрастом человека. С возрастом человека замедляется деление клеток, и тело менее чувствительно к эффектам ионизирующей радиации. Как только деление клетки замедлилось, эффекты радиации несколько менее разрушительны, чем тогда, когда клетки быстро делились.

е) Биологическими различиями. Одни люди более чувствительны к эффектам радиации, чем другие.

Каждый в отдельности и в сочетании друг с другом эти факторы определяют преимущественный тип лучевых реакций (местные или общие), специфику и время проявления (непосредственно после облучения, вскоре после облучения или в отдаленные сроки) и их значимость для организма [16].

2.4. Тератогенный эффект воздействия ионизирующих излучений

Накопленный опыт эмбриологии и радиобиологии свидетельствует о высокой радиочувствительности плода на всех стадиях его развития. Известно, что ионизирующее излучение может быть причиной тяжелых патологических последствий для развивающегося организма, начиная от индукции уродств и грубых нарушений соматического развития и заканчивая, расстройствами тонкой координации процессов формирования мозга, снижением интеллекта, умственной отсталостью [20].

Организм эмбриона и плода обладает крайне высокой радиочувствительностью. Крайне высокая радиочувствительность организма

во внутриутробном периоде развития легко объяснима, так как в это время он представляет собой конгломерат из делящихся и дифференцирующихся клеток, обладающих наибольшей радиочувствительностью.

Радиочувствительность эмбриона или плода определяется наиболее чувствительной системой, находящейся в данный момент времени в состоянии активного развития.

Большинство авторов приходят к заключению, что у потомства животных, однократно облученных в дозах 0.5-1.0 Гр в период основного органогенеза, формируются множественные уродства, такие, как волчья пасть, расширение желудочков мозга и нарушения со стороны опорно-двигательного аппарата [8,37]. В обзорной статье А.М. Лягинская (2004) отмечает, что минимальная доза для тератогенных эффектов в период основного органогенеза оценивается величиной 5-10 сГр, а для плодного периода – 25 сГр [30]. Возможные особенности таких эффектов ионизирующей радиации для условий хронического и пролонгированного облучения практически не изучались.

В то же время эмбрион обладает важной особенностью, не обнаруживаемой на иных стадиях жизненного цикла — выраженной способностью к восстановлению, регенерации и перестройке.

Установлено, что характер развивающихся отдаленных эффектов будет зависеть от физических характеристик ионизирующего излучения таких как мощность, вид энергии, характер облучения, пролонгированность во времени и от возраста плода на момент облучения. Особенно важна стадия внутриутробного развития, потому что дифференцировка систем и органов происходит в определенные сроки развития, и это будет определять тип повреждения [8,30].

При облучении беременных женщин выделяют четыре классических эффекта у потомства:

- эмбриональная, неонатальная и постнатальная гибель плода;
- врожденные пороки развития;

- нарушения роста и физического развития;
- нарушение функции центральной нервной системы.

Эмбриональная, неонатальная и постнатальная гибель плода наблюдается при облучении в преимплантационный период. Полученные на эмбрионах животных данные указывают, что радиационно-индуцированные случаи пренатальной гибели плода наблюдаются в дозах менее 10 рад (0,1 Зв) при облучении до имплантации [8,20,30,40].

Во избежание пренатального облучения на ранних, нераспознанных стадиях беременности плановые рентгенодиагностические процедуры у женщин детородного возраста рекомендуется проводить только впервые 10 суток после начала менструации («правило 10 дней»).

При воздействии ионизирующего излучения отмечаются врожденные пороки развития (ВПР). Чаще всего встречаются следующие ВПР:

- Нарушение строения головы: черепно-мозговая грыжа, нарушения строения формы черепа, расщепление верхнего неба и губы, нарушения строения уха;

- Со стороны ЦНС возможны такие патологии как анэнцефалия, микроцефалия, гидроцефалия;

- Патологии органа зрения могут быть представлены в виде микрофтальмии, анофтальмии;

- Так же могут наблюдаться изменения в скелете в виде полидактилии, уменьшения роста и веса плода. Наряду со снижением веса и размеров тела обнаружено уменьшение массы внутренних органов (особенно селезенки и головного мозга), уменьшение окружности головы.

Кроме того, у пренатально облученных животных отмечены ВПР сердца и крупных сосудов, урогенитальной системы, грудная, паховая и пупочная грыжа. ВПР наблюдаются в основном при облучении в период основного органогенеза (9-60 день после оплодотворения). В настоящее время считается, что облучение в период основного органогенеза даже при

невысоких поглощенных дозах на плод (порядка 10 рад) является риском для развития микроцефалии и врожденных пороков развития со стороны ЦНС.

Радиационные эффекты могут возникать при гибели глиальных или нейронных клеток-предшественников во время митоза либо в результате гибели постмитотических, но все еще незрелых нейронов или гибели "клеток-поводырей" – мигрирующих нейронов. Кроме того, при высоких дозах (1,8 – 5,5 Гр) может наступать поражение красного костного мозга и снижение эритропоэза с уменьшением транспорта кислорода к головному мозгу плода. Все это приводит к нарушению функции центральной нервной системы [19,20,30].

ГЛАВА 3. ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКИЙ РАДИОАКТИВНЫЙ СЛЕД (ВУРС)

3.1 Последствия аварии на производственном объединении «Маяк»

В 1957 г. на химкомбинате «Маяк» произошла авария. Территория, которая подверглась радиоактивному загрязнению в результате взрыва на химкомбинате, получила название Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС). Общая протяжённость ВУРСа составляла примерно 300 км в длину при ширине 5-10 километров. На этой площади почти в 20 тысяч км² проживало около 270 тысяч человек, из них около 10 тысяч человек оказались на территории с плотностью радиоактивного загрязнения свыше 2 кюри на квадратный километр по стронцию-90 (период полураспада 28,8 года) и 2100 человек — с плотностью свыше 100 кюри на квадратный километр.

На территории с загрязнением свыше 2 кюри на квадратный километр по стронцию-90 находилось примерно 23 населённых пункта. Они были выселены, имущество, скот и дома были уничтожены. Урожай на больших территориях был уничтожен [11,12,14,38].

В целях предупреждения опасного влияния загрязнённой территории на окружающее население в 1959 году правительство СССР приняло решение об образовании на этой части ВУРСа санитарно-защитной зоны с особым режимом. В неё вошла территория, ограниченная изолинией 2—4 кюри на квадратный километр по стронцию-90, площадью около 700 кв. км. Земли этой зоны признаны временно непригодными для ведения сельского хозяйства. На территории санитарно-защитной зоны запрещается использовать земельные и лесные угодья, водоёмы, пахать и сеять, рубить лес, косить сено и пасти скот, охотиться, ловить рыбу, собирать грибы и ягоды. В 1968 году на этой территории создан Восточно-Уральский заповедник.

В результате радиоактивного распада выпадений, произошедших вследствие аварии 1957 года, площадь радиоактивного загрязнения территории заповедника сокращается. В настоящее время посещать заповедник нельзя, ибо уровень радиоактивности в нём — по существующим нормам для человека — всё ещё очень высок. Атомный заповедник и по сей день играет важную роль в проведении научных исследований, связанных с радиацией.

В мае 1958 года в 12 км от Озёрска, на территории ВУРСа была создана опытная научно-исследовательская станция. В Челябинске был организован филиал Ленинградского научно-исследовательского института радиационной гигиены, а также комплексная сельскохозяйственная научно-исследовательская радиологическая лаборатория. В декабре 1962 года на их базе образован филиал № 4 Института биофизики (ФИБ-4). Сотрудники этого закрытого научного учреждения проводили медицинское обследование населения в районе реки Течи, а также на территории ВУРСа, вели исследовательскую работу [6,12].

Социально-экологические последствия аварии оказались очень серьёзными. Тысячи людей были вынуждены покинуть места своего проживания, многие другие остались жить на загрязнённой радионуклидами территории в условиях долговременного ограничения хозяйственной деятельности. Положение значительно осложнялось тем, что в результате аварии радиоактивному загрязнению подверглись водоёмы, пастбища, леса и пашни.

В апреле-мае 1967 г. и в продолжение следующих месяцев были проведены исследования радиоактивного загрязнения территорий вокруг оз. Карачай.

По результатам дозиметрического обследования территории и определения радиоизотопного состава была составлена карта загрязнения территории, сложившегося в результате ветрового разноса радиоактивных веществ весной на 1967 г. (см. приложение 1).

Сложные метеорологические условия и продолжительное время действия источника поступления радиоактивных веществ в атмосферу вызвали загрязнение территории, расположенной в широком секторе с несколькими «языками» в соответствии с преимущественными в тот период времени направлениями ветров (Хохряков и др., 2002).

К настоящему времени водное зеркало оз. Карачай практически отсутствует (засыпано бетонными плитами и грунтом). Однако на глубине сохраняется линза загрязнённых вод, которая движется в направлении рек Мишеляк и Теча.

Челябинская область знаменита своими озерами. После аварии многие водохранилища Челябинской и Свердловской области попали в ВУРС: Бердениш (4 км от эпицентра взрыва), Урускуль (8 км), Кожакуль (7 км), Малое Травяное (10 км), Метлинский пруд — радиационный след в первые минуты после взрыва полностью накрыл эти озера и другие, более малые водоемы. Дальше ВУРС затронул озёра и водоёмы:

- на северо-восток: Большое и Малое Аллаки, Иртыш, Большое и Малое Касли, Большое и Малое Нанюга, Большой Куяш, Байнауш, Шаблиш, Тыгиш, Червяное, Большой Сунгуль;

- на юго-запад: Татыш, Улагач, Акакуль, Увильды, Аргази, Большое Акуля. Реки, попавшие в ВУРС: Теча, Караболка, Синара, Исеть (и далее Тобол-Иртыш-Обь).

Таким образом, промышленная деятельность ПО «Маяк» привела к масштабному радиоактивному загрязнению компонентов наземных и водных экосистем Южного Урала.

Загрязнение земель, вызванное деятельностью ПО «Маяк», потребовало проведения их отчуждения, рекультивации и проведения работ по возвращению этих земель для использования в хозяйственных целях. Изменились социально-экономические условия жизни на загрязнённых территориях. Площадь санитарно-защитной зоны по р. Тече в Челябинской области составила около 8,8 тыс. га. Меры, принятые в 1954 г., были

направлены на исключение возможности использования населением воды р. Течи для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд, полива огородов и водопоя скота. Устанавливался запрет в границах весеннего разлива р.Течи на ловлю рыбы, охоту, выпас и стоянку скота, сенокошение и использование земли для строительства жилых и общественных зданий.

Организация охраняемой санитарной зоны в результате загрязнения радиоактивными отходами поймы рек Течи и Исети в пределах Курганской области создала определённые трудности с ведением поливного овощеводства и использованием части пастбищ и сенокосов. Было выведено из использования вдоль р. Течи более 5 тыс. га земель, в том числе пашни – 600 га, сенокосов и пастбищ – 3,2 тыс. га, более 600 га лесных угодий и других неудобных пойменных земель. Оценивая водоснабжение населения, следует отметить значительный дефицит питьевой воды.

Последствия аварии 1957 г. и реабилитационные меры по их устранению имели общий характер по всему ВУРСу с учётом уровня загрязнения территорий. На территории Челябинской области на пути распространения ВУРСа оказались территории с населением, занятым сельским хозяйством и добычей рудного и нерудного сырья [21,22].

Радиационно-эпидемиологические исследования последствий облучения для здоровья населения южной, головной части ВУРСа проводятся в Уральском научно-практическом центре радиационной медицины (УНПЦРМ) ФМБА России. Результаты наблюдения когорты, сформированной в УНПЦРМ из лиц, проживавших в 1957 г. на территории ВУРСа в Челябинской области (основная группа около 14500 человек, внешняя контрольная группа – 19400), представлены в работах [26,27,44]. Авторами отмечено статистически значимое превышение показателя онкологической смертности в когорте ВУРСа по сравнению с группой внешнего контроля, в то же время не выявлена статистически значимая зависимость «доза–эффект» для смертности от злокачественных новообразований (ЗНО).

С начала 1990-х гг. в Институте промышленной экологии УрО РАН был начат сбор данных о причинах смерти жителей северной части ВУРСа в пределах Свердловской области. К настоящему времени составлен регистр причин смерти жителей сельских населенных пунктов Каменского района Свердловской области (далее – Регистр). Регистр содержит данные актовых записей о смерти, которые хранятся в архивах ЗАГС Свердловской области. Авторами был проведен анализ доли ЗНО в структуре смертности жителей сельских населенных пунктов Каменского района Свердловской области по данным Регистра [52]. Для этого в Регистре были выделены основная (4959 человек) и внутренняя (10726 человек) контрольная группы. Критериями для отнесения к одной из групп была величина поглощенной дозы облучения толстой кишки 7 мЗв. Распределение лиц контрольной группы по причинам смерти было использовано для расчета ожидаемого количества случаев смерти от ЗНО в основной группе. По результатам анализа в основной группе выявлено достоверное увеличение смертности от ЗНО – с учетом 90 %-ного доверительного интервала с 18 до 144 случаев из 691 наблюдавшегося [52]. В том числе 66 % всех избыточных случаев смерти от ЗНО можно отнести к ЗНО желудочно-кишечного тракта и 15 % – к ЗНО органов дыхания [52]. Основная часть случаев смерти от ЗНО, которые можно отнести к радиационно-индуцированным, приходится на период 5–20 лет после начала облучения.

В статье [24] представлены методы, а также результаты оценки радиационного ущерба здоровью населения северной части ВУРСа. Под радиационным ущербом здоровью населения понимается общее количество лет жизни, потерянное в результате преждевременной смерти от всех причин, связанной с дополнительным техногенным облучением. При формировании Регистра причин смерти авторами были изучены актовые записи о смерти, которые хранятся в архивах ЗАГС Свердловской области, и проведена выкопировка данных о причинах смерти жителей сельских населенных пунктов Каменского района Свердловской области в пределах ВУРСа. Были

использованы архивные данные, относящиеся к 16 сельсоветам района: Барабановскому, Бродовскому (Щербаковскому), Горноисетскому (Смолинскому), Кисловскому, Клевакинскому, Колчеданскому, Маминскому (Троицкому), Новоисетскому (Малогрязнухинскому), Окуловскому, Позарихинскому (Беловодскому), Покровскому, Рыбниковскому, Сипавскому (Пироговскому), Сосновскому, Травянскому (Большегязнухинскому), Черемховскому. Всего собраны данные о смерти жителей более 60 сельских населенных пунктов. По данным демографической статистики [5], в 1959 году в этих сельсоветах проживало 34 тыс. человек. При составлении Регистра учитывались случаи смерти от всех причин. Всего собраны данные о причинах смерти 15685 человек за период 1954–2000 г. Для всех включенных в Регистр лиц выполнена оценка доз облучения органов и тканей [52]. Основными факторами, формировавшими дозы облучения населения ВУРСа, являлись:

- внешнее облучение в период прохождения радиоактивного облака;
- ингаляция радионуклидов в период прохождения радиоактивного облака;
- внешнее облучение от радионуклидов, осевших на почву;
- облучение органов и тканей за счет радионуклидов, поступивших с продуктами питания.

3.2. Оценка состояния здоровья работников ПО «Маяк» и остального населения г. Озерска

Эпидемиологические исследования среди персонала предприятий атомной промышленности давно проводятся в Российской Федерации и за рубежом (Корсаков А.В., другие, 2014 г.).

Мониторинг последствий профессионального радиационного воздействия проводится и на химическом комбинате «Маяк» (г. Озерск). При проведении мониторинга для ученых, медицинских работников

первоочередной задачей стала необходимость установления начальных клинических признаков развития лучевого заболевания с целью оказания соответствующего лечения работникам комбината.

Кошурниковой Н.А. и соавторами (2002 г.) проводилось обследование персонала, работавшего в 1948-72 годах на реакторах промышленного типа (объекты А), заводах по радиохимическому выделению плутония из облученного в реакторах урана (объекты Б) и заводе по получению стандартного плутония (объект В). Период становления производства характеризовался достаточно тяжелой радиационной обстановкой, что было связано не только с освоением новой сложной технологии в крайне сжатые сроки, но и с несовершенством оборудования. Все эти категории жителей города подвергались различным уровням профессионального радиационного воздействия.

Из работников комбината были сформированы основные и контрольные группы. Контроль включал 9695 сотрудников, обладавших облучением в дозах, ниже предельно допустимых. Основную группу в настоящей работе составили лица, приступившие к работе на объектах А, Б, В, в период освоения производства в 1948 – 58 годах. Более 80% лиц основной группы обладали данными персонального дозиметрического контроля по внешнему гамма-облучению и более 30% тех, у кого была возможность иметь контакт с плутонием, прошли биофизическое обследование на его наличие внутри организма. Авторами [27] было установлено, что практически половина мужчин основной группы обладали превышенным ПДД по внешнему облучению, а из числа носителей плутония около 40% обладали превышенным ПДС (наиболее значительное содержание плутония у женщин связано с весьма серьезными критериями их работы в первоначальные годы эксплуатации плутониевого производства).

Известно, что облучение людей, проживающих на территориях, загрязненных вследствие ядерных испытаний или деятельности атомных

предприятий, существенно отличается не столько по величине дозового воздействия, сколько по характеру формирования дозовых нагрузок.

Согласно данным [9,26,27] усредненная доза облучения внешнего гамма-облучения для всего персонала в период становления производства (1949-1963гг.) на Объекте «Б» была равна $70 \pm 15,9$ сГр/год, а доля лиц с дозой 25-100 сГр/год и выше 100сГр/год составляла соответственно $50,8 \pm 4,6\%$ и $22,8 \pm 8,2\%$, для Объекта «А» эти цифры были ниже и соответственно равны $32,6 \pm 12,6$ сГр/год; $29,9 \pm 7,5\%$ и $6,5 \pm 4,9\%$.

Подобные дозы облучения приводили во многих случаях (у 22,5% из числа работавших на Объекте «Б» и у 5,8% - на Объекте «А» в 1949-1958гг) к развитию хронической лучевой болезни, которая характеризуется определенным симптомокомплексом, в основном со стороны периферической крови (лейкопения, тромбоцитопения).

В период 1953 – 1957гг. среди работников Объекта «Б», дозы внешнего тотального облучения которых были наибольшими, было отмечено увеличение заболеваемости острым лейкозом. Всего в этот период суммарные дозы внешнего облучения превышали 200сГр, а у шестерых работников были больше 500сГр. Острые локальные облучения в значительной дозе, с развитием местных лучевых поражений (так называемые «лучевые ожоги кожи») в период с 1948 по 1953 годы наблюдались у 202 человек. Ранняя диагностика, малая выраженность изменений и активное лечение позволили в большинстве случаев достичь практически полного выздоровления.

В результате ингаляционного поступления плутония в организм работающих, особенно в первые годы эксплуатации плутониевого производства у 123 человек диагностировали плутониевый пневмосклероз различной степени выраженности. За все годы наблюдения от прогрессирования пневмосклероза умерли 13 больных.

В период с 1948 по 1965 годы проводились исследования по таким отдаленным последствиям, как опухолевые заболевания, развившиеся в

результате внешнего облучения и в большей мере, поступления в организм радиоактивных изотопов – преимущественно плутония.

У работников этого же производства через 15-20 лет и в более отдаленные сроки стали диагностировать рак легкого, частота которого оказалась выше среднестатистических значений. Злокачественные опухоли скелета диагностированы у 8 человек, шесть из которых имели также существенное превышение ПДД облучения костной ткани [46,49].

Большое внимание уделялось также изучению физического развития и состояния здоровья 1-го и 2-го поколения детей работников основного производства и жителей города. При этом не было обнаружено учащения пороков развития, нарушений в физическом развитии и в состоянии здоровья детей, не отмечено также увеличение общей и детской смертности по сравнению с аналогичными показателями по стране.

При анализе показатели смертности изучаемого персонала было установлено, что у мужчин достоверное увеличение общей смертности обусловлено повышенной смертностью от злокачественных новообразований и прочих болезней. Среди женщин с 95% достоверностью увеличена только смертность от злокачественных новообразований. Как у мужчин, так и у женщин уровень смертности от всех причин, злокачественных новообразований и «прочих» болезней зависел от суммарной дозы внешнего гамма-облучения.

Достоверно повышен показатель смертности от злокачественных новообразований из числа представителей обоего пола на плутониевом производстве и среди мужчин радиохимических заводов. В структуре онкологической смертности мужчин выше прогнозируемых были показатели для опухолей органов пищеварения (в сумме все локализации без исключения), рака легкого и гемобластоза [4,27,44], а у женщин – для рака легкого, молочной железы и опухолей печени. Так как в индукции рака легкого и определенных опухолей печени (ангиосаркома) существенная роль принадлежит внешнему альфа-облучению от инкорпорированного плутония,

опухоли данных локализаций необходимо исключить при оценке канцерогенного риска по отношению к внешнему гамма-облучению. Эпидемиологическое исследование среди персонала, трудившегося в негативных условиях освоения в стране атомного предприятия ПО «Маяк» при 50-летнем периоде наблюдения обнаружило повышение общей смертности, обусловленное увеличением показателя онкологической смертности.

На протяжении многих лет сотрудниками Южно-Уральского института биофизики (ЮУрИБФ) проводятся исследования онкологической заболеваемости среди жителей г. Озерска — ближайшего к ПО «Маяк» населенного пункта. Актуальность этих исследований обусловлена тем, что в первые годы деятельности предприятия имели место неконтролируемые газо-аэрозольные выбросы в атмосферу из труб промышленных реакторов и радиохимического завода. Установлено, что основным дозообразующим радионуклидом в составе выбросов был ^{131}I , образование которого происходило в процессе переработки облученных в реакторах урановых блоков [32]. Не полностью распавшийся радиоактивный йод в составе газо-аэрозольных выбросов попадал в атмосферу через вентиляционные системы радиохимического завода, вследствие чего происходило радиационное загрязнение окружающей территории, в том числе города Озерска.

Мартиненко И.А. и соавт. (2016) проводили эпидемиологическую оценку радиационного риска заболевания раком щитовидной железы (РЩЖ) среди населения, проживавшего в детском возрасте на территории, загрязненной радиоактивными газо-аэрозольными выбросами в период освоения технологии на ПО «Маяк». Исследование было проведено в когорте, включающей 31836 человек, проживавших в детском возрасте в г. Озерске в период 1948–1962 гг., когда имели место неконтролируемые газо-аэрозольные выбросы в атмосферу из труб радиохимических заводов ПО «Маяк». В изучаемой когорте было установлено 60 гистологически верифицированных случаев РЩЖ. Средний возраст заболевших составил

больше 40 лет, т.е. РЩЖ диагностировали у взрослых, несмотря на облучение ЩЖ в детском возрасте.

В изучаемой когорте лиц, проживавших в детском возрасте в г. Озерске в период 1948–1962 гг., возрастно-половые показатели и стандартизованный относительный риск заболевания раком щитовидной железы, как у мужчин, так и у женщин в 2–3 раза превышали таковые в национальной и региональной статистике. Корреляция между дозой и наблюдаемым эффектом отсутствует. Важно отметить, что среди лиц, проживавших в Озерске после введения в 1962 г. эффективной системы газоочистки, не выявлен повышенный уровень заболеваемости РЩЖ. Также установлено, что стандартизованный относительный риск заболеваемости у мужчин в 2,6 раза достоверно выше областного стандарта за счет 5-кратного превышения заболеваемости в возрастной категории 30–39 лет. В остальных возрастных категориях относительный риск выше единицы, но превышение недостоверно. У женщин достоверное превышение над региональным уровнем составляет 1,7 и обусловлено 4-кратным превышением в возрастной категории до 30 лет [25,32,44,47].

Согласно данным [26,27,47] интегральными показателями здоровья населения являются рождаемость и смертность, а применительно к последствиям радиационного воздействия – уровни онкологической заболеваемости и смертности.

По данным Кошурниковой Н.А. и соавт. (2002) уровень смертности от всех причин, от болезней системы кровообращения, прочих болезней и внешних причин оказался ниже средне национальных, а уровень онкосмертности остался таким же, как в национальной статистике. Повышенная онкосмертность, возможно, обусловлена вкладом персонала основных производств.

Для того чтобы оценить влияние профессионального облучения на показатели онкологической смертности среди населения города, был проведен анализ смертности от опухолей двух локализаций (лейкоз и рак

легких), для которых связь с ионизирующим излучением установлена в многочисленных эпидемиологических исследованиях.

На рис.1 представлены стандартизованные показатели заболеваемости лейкозом среди всего населения г. Озерска, а также после исключения персонала основных производств ПО «Маяк». Из представленных данных видно, что в отношении лейкоза влияние профессионального радиационного воздействия выявляется отчетливо, и даже после исключения персонала стандартизованный относительный риск смерти от лейкоза превышает единицу.

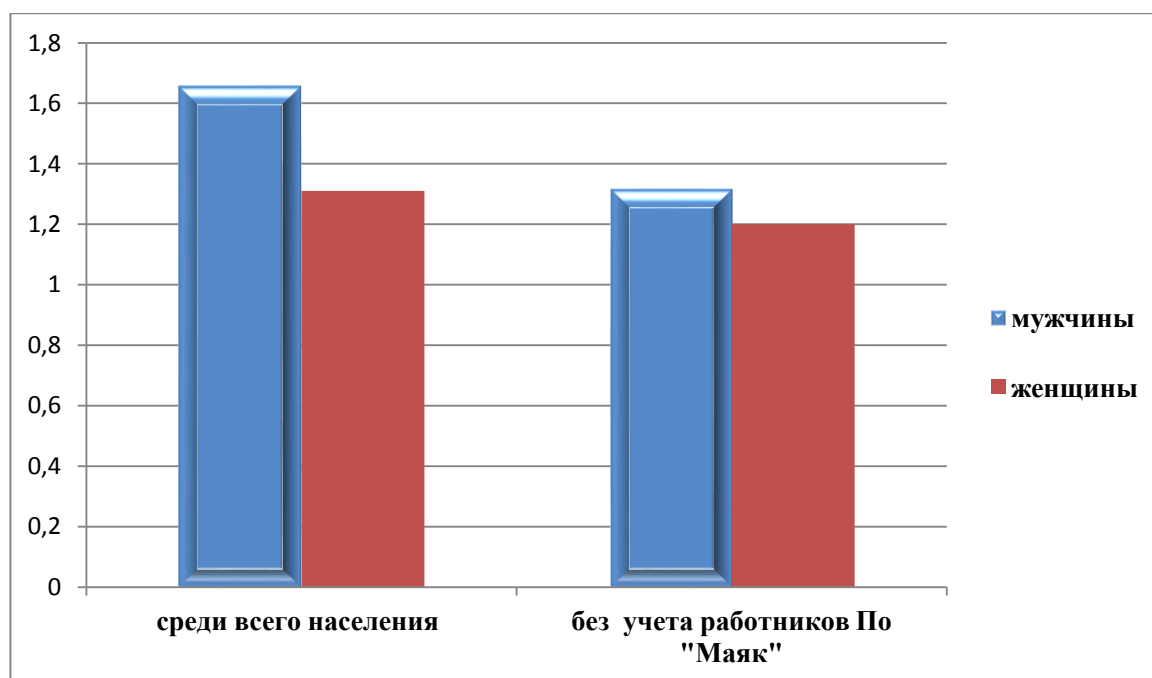


Рис. 1 Показатель риска заболеваемости лейкозом среди населения г.Озерска в период 1948-2000гг. (Кошурникова Н.А., 2002)

Кузнецовой И.С. (2004) установлено, что в период с 2000 по 2004 годы уровни заболеваемости и смертности от лейкоза среди взрослого населения города, не имевшего профессионального контакта с источниками ионизирующих излучений, не превышают показателей среди взрослого населения РФ.

Кошурниковой и соавт. (2002) исключение из общего числа заболевших людей персонала основных производств ПО «Маяк» не выявили заметного вклада в показатели заболеваемости раком легкого, поскольку основная часть радиогенных раков легкого связана с действием плутония, а процент лиц, имевших профессиональный контакт с плутонием, среди всего населения города невелик.

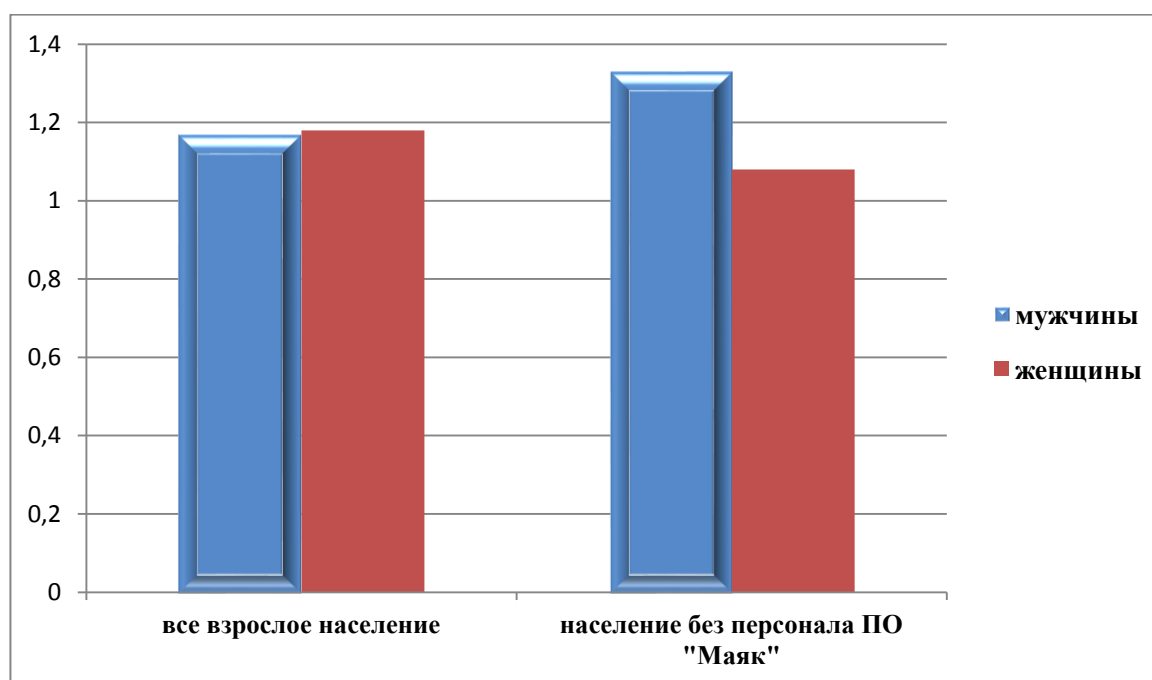


Рис. 2 Показатель риска заболеваемости раком легкого среди населения г.Озерска в период с 1990-2002гг. (Кошурникова Н.А., 2002)

Анализ основных показателей здоровья населения г. Озерска, расположенного в непосредственной близости от ПО «Маяк», показал, что проживание в зоне радиационного влияния крупномасштабных атомных предприятий может быть причиной увеличения уровня смертности от злокачественных новообразований на фоне более низкой общей смертности.

Анализ литературных источников показал, что проблема техногенного облучения населения за счет деятельности ПО «Маяк» требует дальнейшего изучения.

3.3 Влияние производственной деятельности ПО «Маяк» на состояние здоровья детей г.Озерска

Эпидемиологические исследования среди населения, проживающего на территориях, подвергающихся радиационному влиянию предприятий атомной промышленности и энергетики, позволяют оценить реальный риск техногенного облучения [23]. С этой целью предпочтительнее обследовать детское население. Прежде всего, это связано с большей радиочувствительностью детей и особенностями метаболизма радионуклидов в детском организме. Одними из наиболее информативных показателей здоровья являются показатели детской смертности (в городе Озерске – ближайшем к ПО «Маяк» крупном населенном пункте).

Болотниковой М.Г. и соавт. (1996) было проведено эпидемиологическое исследование на базе медико-дозиметрического регистра детей г. Озерска (основная когорта) и г. Снежинска (контрольная группа) 1974-1988 годов рождения с целью оценки уровня смертности за 1974 – 1992 годы.

Озерск и Снежинск являются закрытыми административно-территориальными образованиями, сходными по инфраструктуре, по обеспеченности медицинскими кадрами и качеству медицинского обслуживания. Различия между этими городами связаны с различным отдалением их от Производственного объединения «Маяк» и, соответственно, с разными дозами техногенного облучения населения, обусловленного проживанием на территории, испытывающей радиационное влияние действующего атомного предприятия.

Регистр включает всех детей 1974 – 1988 годов рождения, которые родились или приехали в город (Озерск или Снежинск) в возрасте от 0 до 14 лет и прожили в нем не менее одного года. В этот период времени заводы ПО «Маяк» работали в установленном режиме, аварийных ситуаций не было.

Когорта детей города Озерска представляет особый интерес еще и потому, что в ней могут быть выявлены генетические последствия профессионального облучения родителей, которые являлись персоналом или привлекались к работе на ПО «Маяк».

Установлено, что из 18499 детей, родившихся живыми в Озерске, у 5303 (28,7%) родители подвергались профессиональному облучению: у 341 – оба родителя, у 268 – только мать, у 4694 – только отец. Средняя доза внешнего гамма-облучения, накопленная до зачатия ребенка, составила у отцов 5,94сГр, у матерей – 2,24сГр.

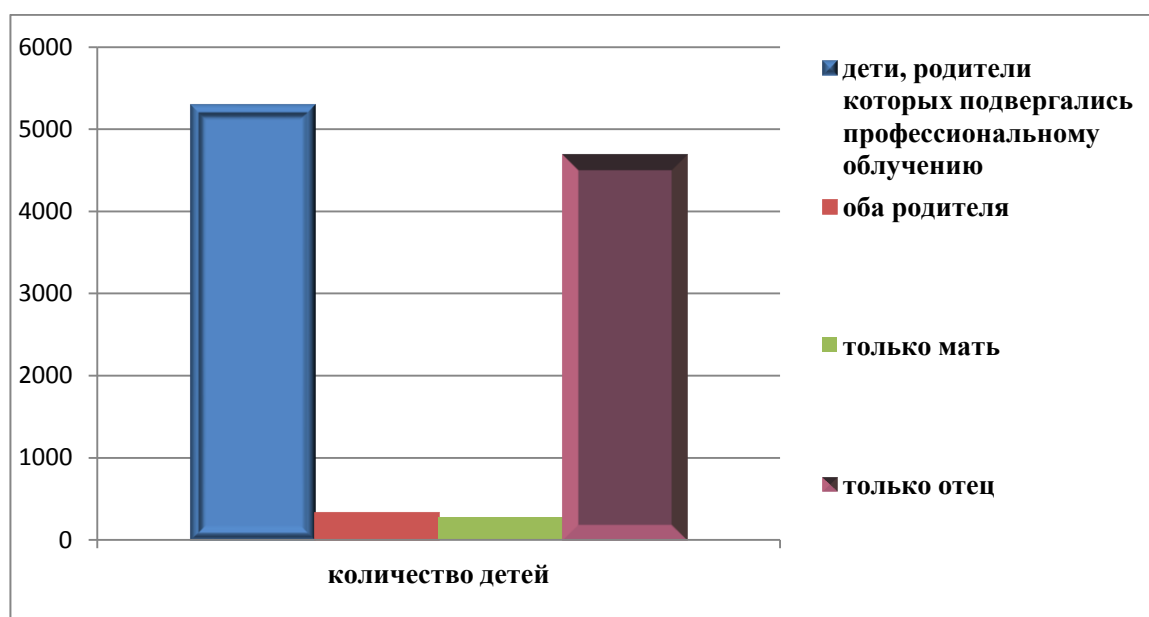


Рис.3 Количество детей, родившихся в г. Озерске (1974 – 1988 гг), родители которых подвергались профессиональному облучению (Петрушкина Н.П., Кошурникова Н.А., 2002)

Авторами [9,42] был проведен анализ младенческой смертности в г. Озерске и г. Снежинске.

Младенческая смертность среди детей, родившихся в 1974-1988 годы, составила в Озерске 14,9 случая на 1000 родившихся живыми, в Снежинске – 11,7 случая. Наибольшее число детей умерло в первые 7 дней после рождения: 54,5% от всех умерших на первом году – в Озерске и 66,4% - Снежинске.

Изучение структуры причин смерти детей, умерших на первом году жизни, показало, что как в Озерске, так и в Снежинске к числу ведущих причин относились болезни трех классов: 1) отдельные состояния, возникающие в перинатальном периоде; 2) врожденные аномалии; 3) болезни органов дыхания. Ведущими причинами смерти в первые 7 дней жизни оказались отдельные состояния, возникающие в перинатальном периоде (более 80%), в возрасте от 8 до 28 дней – врожденные аномалии и отдельные состояния (90%), в период до 1 года – врожденные пороки, болезни органов дыхания и травмы (60%).

Показатели младенческой смертности в группах детей, родители которых подвергались профессиональному облучению до зачатия, не отличались от таковых в группе детей, родители которых не имели профессионального контакта с источниками ионизирующих излучений [40].

При определении основных причин смертности детей в возрасте от 1 года до 15 лет было установлено, что первые три ранговых места в структуре причин смерти в обоих городах занимали травмы и отравления (41,4% в Озерске и 45% в Снежинске), новообразования (20,7% в Озерске и 14,6% в Снежинске) и болезни органов дыхания (13,5% в Озерске и 10,4% в Снежинске), врожденные аномалии 16,2% в Озерске и 8,3% в Снежинске.

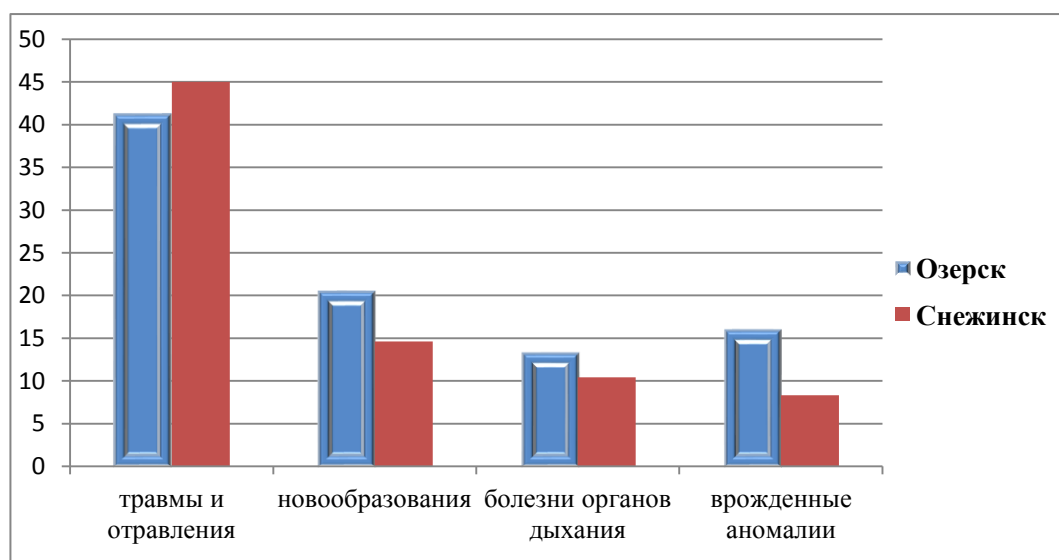


Рис.4 Причины смертности детей в возрасте от 1 года до 15 лет в г.Озерске и г. Снежинске (Петрушкина Н.П. , 2002)

Показатели смертности детей старше года в группе детей, родители которых подвергались профессиональному облучению до зачатия, не отличались от таковых в группе детей необлученных родителей.

При оценке влияния облучения людей репродуктивного возраста на здоровье их потомков определенный интерес представляет изучение уровня смертности от злокачественных новообразований. Из 6 детей основной группы, умерших от злокачественных новообразований, не было ни одного случая лимфомы и лейкемии, в то время как из 17 детей группы сравнения (контроль) 3 человека умерли от лимфомы и 9 – от лейкемии.

Проведенное расследование не выявило различий по уровню и структуре детской смертности в городах Озерск и Снежинск.

ГЛАВА 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАЗРАБОТКЕ УЧЕБНОГО ЗАНЯТИЯ

В рамках учебной практики по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» разработан, а в рамках производственной практики проведен классный час на тему «Эффекты влияния ионизирующего излучения на организм человека и животных» для учащихся 10 класса МОУ Фершампенуазской СШ. (см. приложение 2, приложение 3)

Цель занятия: дать определение понятию «радиация», ее положительном и отрицательном воздействии на организм человека.

Задачи:

Раскрыть понятие радиации; источники и виды ионизирующего излучения, единицы измерения, действия на человека.

Развитие мышления, памяти, речи, воображения, мировоззрения, эмоционально-волевых потребностей, лидерских качеств; умения выступать перед аудиторией, слушать, анализировать ситуацию, делать выводы.

Методы исследования: тестирование «Информированность учащихся о ИИ и его влиянии на организм человека и животных»

Организация исследования: перед началом классного часа проводили тестирование с целью проверки информированности учащихся о ИИ. Примеры тестовых заданий приведены (приложение 2).

Цели тестирования:

- Получение объективных данных о знаниях учащихся данной темы;
- Проведение работы по профилактике поражений от радиации;

Главные принципы тестирования:

- Добровольность;
- Информированность.

Участники: обучающиеся МОУ Фершампенуазской СШ, в возрасте 16-17 лет.

Сроки проведения тестирования: 29.11. 2016 года.

Ожидаемые результаты занятия: повышение информированности учащихся о ИИ и его влиянии на организм человека и животных.

В соответствии с темой классного часа была предусмотрена следующая структура:

1. Организация класса. Цель: привлечь внимание учащихся, определиться, для чего нам нужен данный классный час.

2. Подготовка к активной познавательной деятельности. Постановка проблемы и сообщение цели классного часа.

3. Основные этапы классного часа:

- Понятие излучение и его виды;
- Источники излучений (естественные и искусственные);
- Внутреннее и внешнее облучение организма;
- Нормы радиационной безопасности человека.

5. Подведение итогов классного часа.

Это учебное занятие представляет собой мероприятие личностно-ориентированной направленности.

Мне удалось обеспечить мотивационную готовность и положительный, эмоциональный настрой на классном часе.

Тема, цели и задачи классного часа были доходчиво объяснены и стали личностно значимыми для учащихся, так как они понимали насколько опасно ионизирующее излучение для живого организма.

Отобранный материал соответствовал требованиям образовательной программы, носил ярко выраженный воспитательный потенциал, соответствовал целям, задачам классного часа.

Цели и задачи, поставленные мною, были достигнуты полностью.

ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ литературных источников по проблеме исследования: изучена характеристика разновидностей излучений (α, β, γ) и их источников, а также механизмов действия ионизирующего излучения.

2. Ионизирующее излучение оказывает влияние на организм человека и животных на разных уровнях организации; характер изменений в органах и системах может зависеть от дозы и длительности воздействия ионизирующего излучения, а также от возраста, физиологического состояния организма и условий облучения.

3. Проведен анализ данных о профессиональном радиационном воздействии на состояние здоровья работников ПО «Маяк», а так же о заболеваемости детей, проживающих в г. Озерске Челябинской области. По литературным источникам установлено, что среди работников ПО «Маяк» при 50-летнем периоде наблюдения отмечалось повышение общей смертности, основной причиной которой были онкологические заболевания. Проведенное эпидемиологическое расследование не выявило различий по уровню и структуре детской смертности в городах Озерск и Снежинск.

4. По материалам работы разработано учебное занятие на тему «Эффекты влияния ионизирующего излучения на организм человека и животных» для обучающихся МОУ «Фершампенуазская» СШ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе написания выпускной квалификационной работы было изучено ряд вопросов, касающихся видов ионизирующих излучений, естественных и искусственных источников излучений. Было установлено, что ионизирующее излучение — потоки фотонов, элементарных частиц или осколков деления атомов, способные ионизировать вещество. Ионизирующие (или ядерные) излучения возникают при распаде ядер радиоактивных элементов.

Особое внимание было уделено проблеме влияния ионизирующих излучений на организм человека и животных на разных уровнях организации. Опасность для биологических объектов связана с особенностями, которые присущи только ядерным излучениям. Они обладают высокой энергией, превышающей внутримолекулярную и межмолекулярную энергию связей атомов и молекул, способны проникать внутрь облучаемого объекта и передавать ему свою энергию, вызывая при этом радиолиз молекул.

На клеточном и тканевом уровнях влияние ионизирующего излучения характеризовалось нарушением ультраструктур клеточных органелл и связанные с этим изменения обмена веществ. Наиболее выраженное воздействие ионизирующее излучение оказывает на ядро клетки, угнетая митотическую активность. В тканях ионизирующая радиация вызывает образование липидных радиотоксинов, которые приводят к усиленному распаду белков.

Радиочувствительность органов зависит не только от радиочувствительности тканей, составляющих данный орган, но и от его функций. Наиболее выраженное влияние ионизирующего излучения отмечено на органы кроветворения, нервную и эндокринную системы.

Установлено, что дозы излучения, приводящие к заболеванию или гибели различных организмов, разнообразны. Любому биологическому виду

характерна собственная степень восприимчивости к действию ионизирующей радиации, собственная радиочувствительность.

Создание атомной промышленности впервые столкнуло человечество с длительным повторным (хроническим) общим внешним воздействием ионизирующей радиации на значительные контингенты людей с возможностью поступления в их организм радионуклидов. С целью предупреждения развития радиационного поражения у людей, проживающих на территориях техногенного загрязнения, необходимо проводить мониторинги состояния здоровья людей с целью выявления и своевременного лечения лучевой болезни и других заболеваний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аклеев, А.В. Адаптивный ответ лимфоцитов крови как индикатор состояния гемопоэза у облученных лиц [Текст] / А.В. Аклеев, А.В. Алещенко, О.В. Кудряшова, Л.П. Семенова, М.А. Серебряный, О.И. Худякова, И.И. Пелевина // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2011. – №6. – С. 645-650.
2. Александров, Ю.А. Влияние малых доз ионизирующих излучений на иммунологическую реактивность млекопитающих при многократных воздействиях [Текст] / Ю.А. Александров // Вестник Марийского Государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2017. – № 1(9). – С. 7-13.
3. Артюнина, Г.П. Основы медицинских знаний: Здоровье, болезнь и образ жизни [Текст] / Г.П. Артюнина, С.А. Игнаткова – М.: Академический проспект, 2008.
4. Байсоголов, Г.Д. Вопросы онкологии [Текст] / Г.Д. Байсоголов, М.Г. Болотникова, И.В. Федотова и др. – 1991. – №5. – С. 553-559.
5. Байсоголов, Г.Д. Из истории Отечественной радиационной медицины (химический комбинат "Маяк", Челябинск-40) [Текст] / Г.Д. Байсоголов, В.Н. Дощенко, Н.А. Кошурникова // Радиация и риск (бюллетень национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 1995. – № 5. – С. 48-53.
6. Бельский, Е.А. Оценка состояния птиц наземных экосистем на территории Восточно-уральского радиоактивного следа (ВУРС) [Текст] / Е.А. Бельский, А.Г. Ляхов // Механизмы поддержания биологического разнообразия. –1995. – С. 14-16.
7. Бирюков, А.П. Злокачественные новообразования мочеполовой системы у облученного населения (научный обзор) [Текст] / А.П. Бирюков, В.К. Иванов, Е.В. Кочергина, М.А. Максютов // Радиация и риск (бюллетень

национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2001. – № 12. – С. 109-116.

8. Бодяжина В.И. Влияние ионизирующей радиации на половые железы, беременность и внутриутробный плод [Текст] / В.И. Бодяжина, А.П. Кирющенко, М.Н. Побединский, Н.М. Побединский // М.: Медгиз. – 1962. – С. 182.

9. Болотникова, М.Г. Уровень детской смертности в г. Челябинске-65 в 1974-92 годах [Текст] / М.Г. Болотникова, Н.А. Кошурникова, Ю.Е. Имайкина, В.В. Хохряков, Н.С. Шильникова // Радиация и риск (бюллетень национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 1995. – № 5. – С. 156-158.

10. Вайсерман, А.М. Заболеваемость и смертность от рака при облучении в малых дозах: эпидемиологические аспекты. [Текст] / А.М. Вайсерман, Л.В. Мехова, Н.М. Кошель, В.П. Войтенко // Радиационная биология. Радиоэкология.– 2010. – № 6. – С. 691-702.

11. Волобуев, П.В. Восточно-Уральский радиоактивный след. Проблемы реабилитации населения и территорий Свердловской области [Текст] / П.В. Волобуев, В.Н. Чуканов, Н.А. Штинов и соавт. – Екатеринбург: УрОРАН. – 2000. – С. 285.

12. Гуськова, А.К. Основные итоги исследований медико-биологических последствий аварии 1957 г. (ВУРС). Уроки на будущее [Текст] / А.К. Гуськова // Вопросы радиационной безопасности. – 2007. – № 5. – С. 13-19.

13. Горишний, В.А. Прогнозирование и оценка радиационной обстановки при авариях, катастрофах на радиационно опасных объектах и при ядерном взрыве [Текст] / В.А. Горишний, В.Б. Чернецов, В.В. Волков // Метод.разработка для студентов всех специальностей дневной формы обучения НГТУ. – Н.Новгород. – 2002;

14. Горишний, В. А. Безопасность жизнедеятельности: В 3 ч. Ч.3. Защита населения и территорий в ЧС [Текст] / В.А. Горишний, В.Б. Чернецов

// Метод.разработки для выполнения практических работ для студентов всех специальностей дневной формы обучения НГТУ; Сост.: Н.Новгород. – 2002;

15. Григорьев, Ю.Г. Индивидуальная радиочувствительность [Текст] / Ю.Г. Григорьев // Энергоатомиздат. – 1990. – С. 64-71.

16. Гуськова, А.К. Радиация и здоровье. [Текст] / А.К. Гуськова // Радиационная гигиена. – 2014. – № 1. – С. 49-53.

17. Ермакова, О.В. Сравнительный морфологический анализ периферических эндокринных желез мелких млекопитающих из районов с повышенным уровнем радиоактивного загрязнения и подвергнутых хроническому облучению в лабораторных экспериментах. [Текст] / О.В. Ермакова // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2010. – № 4. – С. 391-397.

18. Журавская, А.Н. Биологические эффекты малых доз ионизирующих излучений (обзор) [Текст] / А.Н. Журавская // Наука и образование. – 2016. – № 2(82). – С. 94-102.

19. Зарицкая, Л.П. Клинико-морфологические изменения органов и систем при радиационном поражении. [Текст] / Л.П. Зарицкая, Б.В. Панов, Л.Н. Зарицкий // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2007. – № 4 (10). – С. 075-080.

20. Измestьева, О.С. Экспериментальная оценка эмбриотоксического действия низкоинтенсивного ионизирующего излучения в разных периодах внутриутробного развития [Текст] / О.С. Измestьева, Л.П. Жаворонков, Ю.А. Семин, В.М. Посадская, В.С. Глушакова, А.А. Лузянина, А.С. Шевченко // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2012. – №1. – С. 39-43.

21. Израэль, Ю.А. Радиоактивное загрязнение Уральского региона Производственным объединением «Маяк» [Текст] / Ю.А. Израэль, Е.М. Артемов, В.Н. Василенко // Труды Межд. конф. «Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях». – СПб.: Росгидромет. – 2000. – С. 411–426.

22. Козлова, Н.И. С оглядкой на... жизнь. Реабилитационная политика по ликвидации последствий радиационной чрезвычайной ситуации в Курганской области [Текст] / Н.И. Козлова // Российское предпринимательство. – 2008. – № 7-2. – С. 130-134.

23. Корсаков, А.В. Динамика частоты врожденных пороков развития у детского населения Брянской области, проживающего в условиях радиационного загрязнения (1991–2012) [Текст] / А.В. Корсаков, А.В. Яблоков, В.П. Трошин, Л.И. Пугач, И.В. Сидоров, А.В. Жилин, В.П. Михалев // Здравоохранение Российской Федерации. – 2014. – № 6. – С. 49-53.

24. Кокс, Д.Р. Анализ данных типа времени жизни [Текст] / Д.Р. Кокс, Д. Оукс // М.: Финансы и статистика. – 1988. – С. 192.

25. Крестинина, Л.Ю. Онкологическая смертность при хроническом воздействии «малых» и «средних» доз облучения в когорте лиц, облученных на ВУРС [Текст] / Л.Ю. Крестинина, А.В. Аклеев // Бюлл. сибирской медицины. – 2005. – № 2. – С. 36–45.

26. Кошурникова, Н.А. Эффекты облучения у персонала ПО «Маяк» [Текст] / Н.А. Кошурникова, Н.С. Комлева, Г.Д. Байлоголов и др. // Научный информационно-методический бюллетень. Ядерное общество СССР. – 1992. – № 4. – С. 18-21.

27. Кошурникова, Н.А. Отдаленные последствия профессионального радиационного воздействия (показатели смертности персонала по "Маяк" за 45 лет наблюдения) [Текст] / Н.А. Кошурникова, М.Г. Болотникова, Е.А. Груздева, Н.Р. Кабирова, В.В. Креслов, П.В. Окатенко, С.А. Романов, Л.Г. Филиппова, В.Ф. Хохряков, Н.С. Шильникова // Радиация и риск (бюллетень национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 1995. – № 5. – С. 137-144.

28. Ли, Н.И. Расчет теоретически предельного уровня чувствительности радиографических фотоматериалов на полимерной подложке к рентгеновскому и гамма-излучению. [Текст] / Н.И. Ли // Вестник казанского технического университета. – 2011. – № 4 – С. 98-104.

29. Лобанок, Л.М. Ионизирующее излучение в малых дозах как фактор риска возникновения предпатологических состояний сердца и сосудов [Текст] / Л.М. Лобанок, К.Я. Буланова // Журнал Гродненского Государственного медицинского университета. – 2009. – № 2(26). – С. 85-87.

30. Лягинская, А.М. Модифицирующее влияние йодного дефицита на радиационные поражения плода (обзор) [Текст] / А.М. Лягинская, В.А. Осипов // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2004. – № 2 С. 162–169.

31. Мамина, В.П. Проблемы отдаленных эколого-генетических последствий радиационных инцидентов: Тоцкий ядерный взрыв [Текст] / В.П. Мамина, О.А. Жигальский // Мастер.межрегион. науч. конф. Екатеринбург. – 2000. – С. 33-38.

32. Мартиненко И.А. Оценка риска заболевания раком щитовидной железы у населения при проживании вблизи ПО «Маяк» [Текст] / И.А. Мартиненко, М.Э. Сокольникова // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2016. – Т.61, №4. – С.52-58

33. Медицинские интернет конференции / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vk.com/doc67843282_445620600?hash=99b448d6bf2a2c5d6d&dl=df126bcd99f8123e99 (дата обращения 25.02.2017)

34. Медицинские интернет конференции / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medconfer.com/node/3109> (дата обращения 25.02.2017)

35. Мерков, А.М. Санитарная статистика: пособие для врачей [Текст] / А.М.Мерков, Л.Е. Поляков // Медицина. – 1974. – С. 384.

36. Микрюков, В.Ю. Обеспечение безопасности жизнедеятельности, В 2 кн. Кн 1 Коллективная безопасность: учебное пособие [Текст] / В.Ю. Микрюков. – М.: Высш. шк. – 2008;

37. Молдавский, М.И. Радиобиология [Текст] / М.И. Молдавский. – 1977. – №.1. С. 129–133.

38. Муравей, Л. А. Экология и безопасность жизнедеятельности [Текст] / Л.А. Муравей. – Учебное пособие. М.: ЮНИТИ-ДАНА. – 2011;

39. Окунев, А.М. Современные концепции действия малых доз ионизирующих излучений на животных и человека [Текст] / А.М. Окунев, В.Н. Копытова // Вестник Государственного Аграрного университета Северного Зауралья. – 2014. – № 3 (26). – С. 36-41.

40. Пальоха, Е.А. Показатели иммунного статуса у лиц, облученных внутриутробно и в раннем детском возрасте в результате аварии на ЧАЭС. [Текст] / Е.А. Пальоха, А.С. Саенко, И.В. Леках, О. Леонова // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2010. – № 2 – С. 165-170.

41. Петров, С.В. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них [Текст] / С.В. Петров, В.А. Макашев. – М.: ЭНАС. – 2012.

42. Петрушкина, Н.П. Показатели детской смертности в Озерске и Снежинске (на основе Регистра детей 1974-1988 годов рождения) [Текст] / Н.П. Петрушкина, Н.А. Кошурникова, П.В. Окатенко, Н.Р. Кабирова, Э.С. Куропатенко // Радиация и риск (бюллетень национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2002. – №13. – С. 45-52.

43. Раскоша, О.В. Биологические эффекты фитостероидов и ионизирующего излучения в малых дозах [Текст] / О.В. Раскоша, Л.А. Башлыкова, О.В. Ермакова // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2010. – № 4. – С. 434-442.

44. Смулевич, В.Б. Изучение эпидемиологии злокачественных новообразований среди промышленных контингентов проспективным методом с ретроспективно подобранной когортой: методические рекомендации [Текст] / В.Б. Смулевич, В.С. Кошкина, И.В. Федотова и др. // Минздрав СССР, Комитет по канцерогенным веществам. – 1986. – С. 22.

45. Тестов, Б.В. О действии радиации на живой организм. [Текст] / Б.В. Тестов // АНРИ. – 2013. – №3. – С. 61-63.

46. Толстых, Е.И. Минеральная плотность костной ткани у жителей радиоактивно загрязненных территорий Челябинской области. [Текст] / Е.И. Толстых, Н.Б. Шагина, Л.М. Перемыслова, М.О. Дегтева // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2010. – № 4. – С. 481-491.

47. Фомин Е.П., Заболеваемость злокачественными новообразованиями населения закрытого территориального образования (г. Озерск) за многолетний период злокачественными новообразованиями [Текст] / Е.П. Фомин // автореф. на соиск.канд.мед.наук.Москва. – 2009.

48. Хижняк, С.В. Функционирование антиоксидантной системы в клетках эпителия тонкого кишечника при действии ионизирующей радиации с низкой мощностью дозы. [Текст] / С.В. Хижняк, А.А. Прохорова, Л.И. Степанова, В.М. Войцицкой // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2011. – № 6. – С. 684-688.

49. Хрячков, В.А. Фотометрия ионизирующих излучений. [Текст] / В.А. Хрячков, Б.В. Журавлев, В.А. Талалаев // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика – 2015. – № 3.– С. 40-48.

50. Шибкова, Д.З. Адаптационно-компенсаторные реакции системы кроветворения при хроническом радиационном воздействии [Текст] / Д.З. Шибкова, А.В. Аклеев. Москва: Изд-во РАДЭЖОН; Челябинск: Изд-во ЧГПУ. – 2006. – С.346.

51. Юшков Б.Г. Система крови и экстремальные воздействия на организм / Б.Г. Юшков, В.Г.Климин, М.В. Северин. – Екатеринбург: УрО РАН, 1999. – 201с.

52. Ярмошенко, И.В. Анализ смертности населения северной части ВУРСа от злокачественных новообразований желудочно-кишечного тракта и органов дыхания [Текст] / И.В. Ярмошенко, А.А. Селезнев, Л.Г. Коньшина и соавт. // Вестник уральской медицинской науки. – 2007. – № 1. – С. 18–22.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

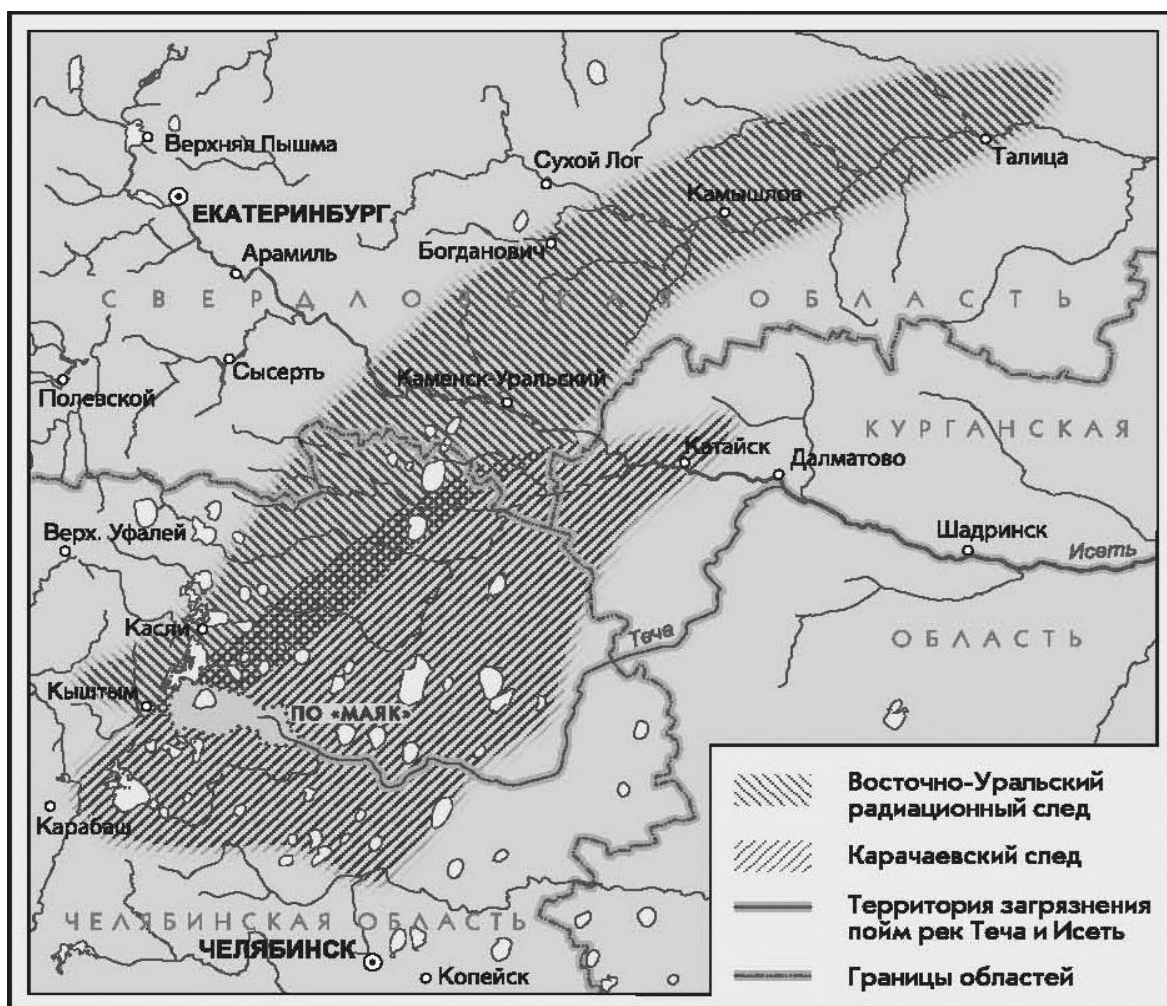


Рис. 5 Восточно-уральский радиационный след

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Примеры тестовых заданий для изучения информированности учащихся по поводу ионизирующего излучения, его биологического действия на организм человека и животных.

1. Ионизирующее излучение – это ...

А) потоки фотонов, элементарных частиц или осколков деления атомов, способные ионизировать вещество.

Б) поток тяжелых положительно заряженных α -частиц (ядер атомов гелия), возникающий в результате распада атомов тяжелых элементов, таких как уран, радий и торий.

В) поток электронов или позитронов, испускаемых при радиоактивном бета-распаде ядер некоторых атомов.

2. Укажите два основных источника ионизирующего излучения :

А) естественные

Б) внешние

В) искусственные

Г) внутренние

3. К искусственным источникам ионизирующих излучений относятся (*укажите два и более правильных ответа*):

А) атомные электростанции

Б) ядерно-энергетические установки

В) вспышки на солнце

Г) медицинская рентгеновская аппаратура.

4. Облучение, когда источник радиации находится вне организма человека, называется ...

А) внутренним

Б) внешним

5. Как называется прибор для измерения уровня радиации?

А) Дозиметр

Б) Радиометр

В) Дозиметр-радиометр

6. Какие три области оказались в зоне радиационного загрязнения во время катастрофы на ядерном комбинате «Маяк»?

А) Челябинская, Курганская, Свердловская

Б) Челябинская, Тюменская, Свердловская

В) Челябинская, Тюменская, Оренбургская

7. Знаете ли Вы, в каком году произошла авария на ядерном комбинате «Маяк»?

А) 1975

Б) 1957

В) 1961

8. Как Вы узнали, когда и по каким причинам произошла авария на комбинате «Маяк»:

А) по литературным источникам

Б) из интернет – источников

В) на уроке от учителя

Г) из рассказов родителей

9. Биологическое действие ионизирующего излучения зависит (*укажите два и более правильных ответа*):

А) от величины дозы,

Б) от вида радиации,

В) от размеров облучаемой поверхности,

Г) от индивидуальных особенностей организма,

Д) от сезона года

Е) от времени воздействия излучения.

10. Какая болезнь развивается у человека при кратковременном облучении всего тела высокими дозами радиации?

А) острая лучевая болезнь

Б) болезнь Паркинсона

В) хроническая лучевая болезнь

Г) ишемическая болезнь

11. Допустимая доза облучения для человека это...

А) До 0,25 бэр

Б) 100 бэр

В) 450 бэр

12. Доза облучения, вызывающая развитие лучевой болезни составляет...

А) 1-6 бэр

Б) 10-30 бэр

В) более 100 бэр

13. Чем опасна радиация для человека?

А) заболевание верхних и нижних конечностей;

Б) заболевание Боткина;

В) заболевание различной степени тяжести.

14. Как вы считаете: может ли быть сам человек радиоактивен?

А) не знаю;

Б) нет;

В) в чрезвычайно малой мере.

15. Что необходимо сделать человеку, чтобы защитить органы дыхания от радиоактивных веществ в случае нахождения на улице?

А) не следует делать глубоких вдохов: дыхание должно быть поверхностным;

Б) использовать: влажные носовые платки, бумажные салфетки, марлевые повязки;

В) следует использовать раствор марганцовки.

16. Что необходимо предпринять при аварии на АЭС и угрозе радиоактивного загрязнения окружающей среды?

А) следует оповестить население;

Б) следует быстро убежать от места аварии;

В) следует быстро уехать от места аварии.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3