

Группа 17. Требования к системам жизнеобеспечения в
экстремальных ситуациях и специальным системам

**ПРОВЕДЕНИЕ ЙОДНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ НАСЕЛЕНИЮ В СЛУЧАЕ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ**

Методические рекомендации

Издание официальное

Москва
2010

Проведение йодной профилактики населению в случае возникновения радиационной аварии: Методические рекомендации - М: Федеральное медико-биологическое агентство, 2010. – 24 с.

1. Разработаны творческим коллективом в составе: Лягинская А.М., Ермалицкий А.П., Осипов В.А., Карелина Н.М., Грачев М.И, Петоян И.М., Шинкарев С.М., Фролов Г.П. (ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, г. Москва), Савкин М.Н. (ВНИИ железнодорожной гигиены, г. Москва), Балонов М.И., Звонова И.А. (НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург), Аветисов Г.М. (ВЦМК «Защита», г. Москва), Степаненко В.Ф., Шахтарин В.В. (МРНЦ РАМН, г. Обнинск), Иванов Е.А. (ВНИИАЭС, г. Москва), Фадеев В.В., Абдулхабирова Ф.М. (ЭНЦ Росмедтехнологий, г. Москва), Столярова С.А. (ФГУЗ ДКБ № 38 – ЦЭП ФМБА России) под общим научным руководством академика РАМН Ильина Л.А.

2. Рекомендованы к утверждению Подкомиссией по специальному нормированию ФМБА России (протокол № 4/10 от 22 марта 2010г.)

3. Утверждены Руководителем Федерального медико-биологического агентства В.В. Уйба.

Регистрационный номер № 23-10 от 29 июня____2010г.

4. Введены в действие: с момента утверждения.

5. Вводятся взамен Рекомендаций по применению препаратов стабильного йода населением для защиты щитовидной железы и организма от радиоактивных изотопов йода, утвержденных Минздравом РФ 1993 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Область применения	7
2. Нормативные ссылки	8
3. Основные понятия, термины, определения, символы и сокращения	8
4. Общие положения	10
5. Биологические эффекты радиоактивного йода	13
6. Йодная профилактика, как способ защиты щитовидной железы от накопления радиоактивного йода	15
7. Дозировки и допустимая продолжительность приема таблеток йодида калия для лиц разного возраста	16
8. Альтернативные препараты йода	18
9. Побочное действие защитных йодсодержащих препаратов	19
10. Таблетки йодида калия (KI): форма, дозировки, условия хранения	21
11. Необходимый запас и места хранения, доступность	21
Список использованных источников	23

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на постоянно совершенствуемые защитные системы на современных атомных реакторах сохраняется опасность аварийной ситуации, при которой может произойти выброс радиоактивных продуктов, в том числе радиоактивных изотопов йода, в окружающую среду, поступление их в организм человека на начальном этапе аварии ингаляционно, а затем перорально с продуктами питания (прежде всего с молоком).

Профилактика с помощью стабильного йода является защитным мероприятием и входит составной частью в план общего реагирования на радиационную аварию ядерного реактора, прежде всего на АЭС.

Основные принципы проведения йодной профилактики в нашей стране в случае возникновения радиационной аварии были сформулированы в середине 60-х годов прошлого века [1].

Впервые инструкция по йодной профилактике населения в случае аварии на ядерном реакторе была разработана Л.А. Ильным с сотрудниками в 1966 г. и утверждена МЗ СССР 27 декабря 1967 г. [2]. В соответствии с инструкцией решение о начале профилактики определялось ожидаемой дозой в щитовидной железе за счет поступления радиоактивного ^{131}I в организм. Важнейшими положениями, с точки зрения возможного ущерба для здоровья, являлись следующие:

- применение стабильного йода направлено на предупреждение накопления радиоактивного ^{131}I в щитовидной железе;
- защитно-профилактическое применение стабильного йода от поступления радиоактивного ^{131}I направлено на снижение стохастических эффектов в щитовидной железе (рак, узлы) в реально возможном диапазоне доз излучения.

В зависимости от возраста и чувствительности щитовидной железы к стабильному йоду выделялись две группы лиц:

- дети до 2-х лет - получают йодид калия (KI) в дозе 40 мг;
- дети старше 2-х лет и взрослые - получают KI в дозе 250 мг;

Длительность проведения йодной профилактики планировалась на срок до прекращения угрозы поступления радиоактивного йода.

В условиях аварии ядерного реактора в начальный период опасность, не только для персонала, но и части населения, могут представлять радиоактивные изотопы йода ($^{131-135}\text{I}$), поступающие ингаляционно и вносящие определенный вклад в суммарную дозу внутреннего облучения щитовидной железы [3-4].

Авария на ЧАЭС показала, что условия развития, состав радиоактивных выбросов и характер их распространения, формирование доз облучения населения отличаются от принятого ранее сценария аварии. Авария на ЧАЭС развивалась по катастрофическому сценарию: радиоактивные выбросы из разрушенного реактора продолжались в течение 10 суток, распространялись на огромные территории европейской части бывшего СССР, вовлекая в орбиту радиационного воздействия десятки миллионов людей. После аварии на Чернобыльской АЭС появились данные о росте тиреоидной патологии в регионах радиоактивного загрязнения, в том числе рака щитовидной железы у детей Белоруссии, России и Украины. Была выявлена зависимость частоты развития рака от дозы и возраста, в котором произошло облучение и, что наиболее чувствительными к индукции рака являются дети младшего возраста. Было установлено, что для защиты от радионуклидов йода вмешательство необходимо при более низких дозах облучения для детей, чем для взрослых лиц. Поэтому, после аварии на Чернобыльской АЭС в международной системе радиационной защиты были пересмотрены организационные принципы проведения йодной профилактики и величины ожидаемых доз для принятия решения о ее начале с учетом ингаляционного поступления радиоизотопов йода [5-7].

В 1999 г. ВОЗ рекомендовала более дифференцированные величины йодида калия для детей разного возраста и для взрослого населения в зависимости от их функционального состояния (беременные и кормящие женщины, лица пожилого и старого возраста) [8].

В нашей стране после аварии на ЧАЭС рекомендации по йодной профилактике были скорректированы. В июне 1986 г. инструкция [2] была дополнена рекомендациями по защите беременных и плода; рекомендован прием сочетания двух препаратов: йодида калия в дозировке 0,250 г и перхлората калия в дозировке 0,750 г [9]. В 1991 г. в инструкцию внесены изменения о снижении дозировок KI для взрослых и детей старше 2 лет с 0,250 г до 0,125 г. В 1993 г. взамен «Инструкции по йодной профилактике» [2] были утверждены «Рекомендации по применению препаратов стабильного йода населению для защиты щитовидной железы и организма от радиоактивных изотопов йода» [10], в которые были включены для расширения арсенала средств защиты 5% йодная настойка и раствор Люголя. Были сформулированы противопоказания и возможные побочные токсические эффекты от приема больших дозировок защитных препаратов. В рекомендациях указывалось, что в ранний начальный период аварии опасность представляет ингаляционное поступление радиоизотопов йода, но наибольшее практическое значение, с точки зрения формирования суммарной дозы облучения щитовидной железы, имеет алиментарное поступление. В 1999 г. в Нормах Радиационной безопасности (НРБ-99) устанавливаются критерии для принятия неотложных решений в начальном периоде радиационной аварии. Согласно уровня А йодная профилактика начинается при прогнозируемой

предотвращаемой дозе за первые 10 суток на щитовидную железу детей 100 мГр, а взрослых – 250 мГр [11].

Настоящие методические рекомендации по проведению йодной профилактики содержат уточненные основные принципы организации и проведения защитных мероприятий, направленных на предупреждение накопления радиоактивного йода в щитовидной железе в случае возникновения радиационной аварии на ядерном реакторе с учетом опыта аварии на Чернобыльской АЭС и рекомендаций ВОЗ [8].

Документ определяет уровни вмешательства как меру защиты, не связанную с нарушением нормальной жизнедеятельности населения, определяет время начала и продолжительности профилактических мероприятий, содержит современные оценки риска от поступления радиоактивных изотопов йода ($^{131-135}\text{I}$) в организм лиц разного возраста. Положения настоящих методических рекомендаций основаны на современных оценках «польза-риск» от профилактического приема таблеток йодида калия и альтернативных препаратов стабильного йода, содержит информацию о рекомендуемых дозировках и противопоказаниях при применении стабильного йода разным популяционным группам.

Назначение методических рекомендаций – сделать доступной широкому кругу специалистов современную информацию о йодной профилактике в системе радиационной защиты щитовидной железы, как составной части готовности к экстренному реагированию на радиационную аварию.

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель Федерального
медико-биологического агентства

_____ В.В. Уйба
"29" июня 2010 г.

Регистрационный номер № 23-10

Дата введения: с момента утверждения

Группа 17. Требования к системам жизнеобеспечения
в экстремальных ситуациях и специальным системам

ПРОВЕДЕНИЕ ЙОДНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ НАСЕЛЕНИЮ В СЛУЧАЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ

Методические рекомендации

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Настоящие методические рекомендации определяют основные принципы проведения йодной профилактики, или фармакологической защиты щитовидной железы от поступления радиоактивного йода в случае возникновения радиационной аварии, сопровождающейся выбросом радиоактивного йода; включают краткие сведения о биологической опасности радиоактивных изотопов йода, информацию о требуемых дозировках и противопоказаниях при назначении йодида калия разным популяционным группам.

1.2. Методические рекомендации предназначены для использования органами, уполномоченными осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор, в рамках единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, вызванных крупной радиационной аварией и приведших к загрязнению территории радиоактивными продуктами йода.

1.3. Действие настоящих методических рекомендаций распространяется на интервал времени от момента получения информации о произошедшей аварии на местах до прекращения поступления радиоактивного йода населению.

2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

- 2.1. Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» от 09.01.96 г. № 3-ФЗ;
- 2.2. Федеральный закон «Об использовании атомной энергии» от 21.11. 1995 г. № 170-ФЗ;
- 2.3. Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ;
- 2.4. Постановление Правительства Российской Федерации «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» от 30 декабря 2003 г. № 794;
- 2.5. СанПиН 2.6.1.2523-99 – Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009;
- 2.6. СП 2.6.1.799-99 – Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). – М.: Минздрав России. 2000;
- 2.7. Общие требования к построению, изложению и оформлению нормативных и методических документов системы государственного санитарно-эпидемиологического нормирования. Руководство. Минздрав России. 1999.

3. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СИМВОЛЫ И СОКРАЩЕНИЯ

3.1. Основные понятия, термины, определения

Активность – мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени.

Аутоиммунный тиреоидит – хроническое воспалительное заболевание щитовидной железы, характеризующееся лимфоидной инфильтрацией ткани с постепенной деструкцией паренхимы щитовидной железы, с присутствием высокого уровня антитиреоидных аутоантител в крови. Часто приводит к гипотиреозу.

Вмешательство – деятельность, направленная на снижение вероятности, либо дозы, либо неприятных последствий облучения населения при радиационных авариях, при обнаружении радиоактивных загрязнений объектов окружающей среды или повышенных уровней природного облучения на территориях, в зданиях, в сооружениях.

Гипертиреоз – повышение функции щитовидной железы вследствие гиперпродукции тиреоидных гормонов.

Гипотиреоз – недостаточность функции щитовидной железы вследствие дефицита тиреоидных гормонов.

Доза поглощенная – усреднённая по органу (ткани) энергия ионизирующего излучения, переданная единичной массе вещества.

Доза прогнозируемая – доза, которая как ожидается, будет сформирована, если не будет предпринято никаких защитных мероприятий.

Дозировка – мера защитного препарата. Используется в данном Руководстве, чтобы избежать путаницы с дозой излучения.

Йодный дефицит – недостаток йода в воде, почве и продуктах питания.

Мощность дозы – доза излучения за единицу времени (секунду, минуту, час).

Население – все лица, включая персонал вне работы с источниками ионизирующего излучения.

Облучение – воздействие на человека ионизирующего излучения.

Облучение аварийное – облучение в результате радиационной аварии.

Противоаварийное планирование – планирование защитных мероприятий, которые должны быть осуществлены в случае возникновения радиационной аварии.

Радиационная авария – потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями работников (персонала), стихийными бедствиями или иными причинами, которые могли привести или привели к облучению людей выше установленных норм или радиоактивному загрязнению окружающей среды.

Радиационная безопасность населения – состояние защищенности настоящего и будущего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения.

Дозовый уровень планирования йодной профилактики – уровень ожидаемой поглощенной дозы в щитовидной железе за счёт ингаляционного поступления радиоактивных изотопов йода, при превышении которого требуется проведение йодной профилактики.

Риск избыточный абсолютный – дополнительное число случаев, вызванных единичной дозой, в дополнение к спонтанному числу случаев. Обычно выражается как число случаев в год на 100 000 человек, получивших дозу 1 Зв.

Риск избыточный относительный – отношение дополнительного числа случаев, вызванных единичной дозой, к спонтанному числу случаев.

Риск радиационный – вероятность возникновения у человека или его потомства какого-либо вредного эффекта в результате облучения.

Уровень вмешательства – уровень радиационного фактора, при превышении которого следует проводить определённые защитные мероприятия. В контексте данного документа – для начала йодной профилактики (раздача таблеток KI).

Эффекты облучения детерминированные – клинически выявляемые вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, в отношении которых предполагается существование порога, ниже которого эффект отсутствует, а выше – тяжесть зависит от дозы.

Эффекты облучения стохастические – вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, не имеющие дозового порога возникновения, вероятность возникновения которых пропорциональна дозе и для которых тяжесть проявления не зависит от дозы.

3.2. Символы и сокращения

КІ – йодид калия, химическая форма стабильного йода, рекомендованная в качестве защиты щитовидной железы от облучения радиоактивным йодом.

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения (специализированное агентство Организации Объединенных Наций).

МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии (специализированное агентство Организации Объединенных Наций).

МКРЗ – Международная комиссия по радиологической защите.

Свободный Т₄ – метаболически активная форма тироксина, циркулирующая в крови, не связанная с белком.

Т₄ – тироксин, гормон, вырабатываемый щитовидной железой.

ТТГ (TSH) – тиреотропный гормон гипофиза, стимулирующий синтез и секрецию гормонов щитовидной железы, регулирует функцию щитовидной железы по принципу отрицательной обратной связи. Повышенный уровень ТТГ в крови указывает на явную или скрытую недостаточность функции щитовидной железы.

4. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1. Профилактика с помощью препаратов стабильного йода является одной из мер индивидуальной защиты населения в случае радиационной аварии и имеет своей целью предотвращение или снижение поглощенной дозы в щитовидной железе, обусловленной поступлением радиоактивных изотопов йода в организм, и возможных радиологических последствий ее облучения.

Этот метод фармакологической защиты заключается в торможении или временном прекращении функции образования гормонов щитовидной железы (тиреоидных гормонов), которые определяют активность течения метаболических процессов в организме человека. В

химическую структуру этих гормонов входит йод. После приема препарата стабильного йода возникает блокада щитовидной железы, которая препятствует накоплению в ней радиоактивных изотопов йода и их дальнейшему участию в синтезе тиреоидных гормонов.

4.2. Организация и проведение йодной профилактики обосновываются следующими принципами:

- предотвращение детерминированных эффектов и снижение стохастических эффектов облучения должно быть обеспечено для людей всех возрастов, но в первую очередь для детей и плода (радиологический принцип);

- достижение максимального снижения индивидуальной дозы в щитовидной железе при обоснованных минимальных дозировках йодида калия с учетом возраста (фармакологический принцип);

- достижение максимального снижения индивидуальных и коллективных доз в щитовидной железе у лиц, вовлеченных в радиационную аварию, с учетом социальных и экономических обстоятельств (социальный принцип);

- заблаговременная оптимизация формы, масштаба и оперативности проведения йодной профилактики в сочетании с другими превентивными и экстренными мероприятиями на этапе планирования мер радиационной защиты населения в случае радиационной аварии. Объем и содержание мероприятий по защите населения определяются, исходя из принципа необходимой достаточности и максимально возможного использования имеющихся сил и средств (организационный принцип).

4.3. Радиоактивные изотопы йода могут поступать в организм человека через органы дыхания, пищеварения, раневые и ожоговые поверхности и, независимо от пути поступления, избирательно накапливаются в щитовидной железе. В ранней фазе развития аварии (первые часы – первые сутки) основным путем поступления радиоактивных изотопов йода населению является ингаляционный. В то же время пероральный путь поступления радиоизотопа ^{131}I с молоком и другими пищевыми продуктами при определенных условиях (сельская местность, летний сезон) может быть наиболее значимым в формировании поглощенной дозы в щитовидной железе. В этих условиях более обоснованным и предпочтительным защитным мероприятием, направленным на купирование поступления в организм радиоактивного йода и других радионуклидов с пищей, является запрет или ограничение потребления загрязненных пищевых продуктов. В исключительных случаях, когда обеспечить снабжение «чистыми» продуктами не представляется возможным, особенно молочных продуктов для детей младших возрастов, допустимо применение йодной профилактики короткий период времени до организации снабжения незагрязненными продуктами.

4.4. Максимальный эффект йодной профилактики достигается при заблаговременном (превентивном) приеме препарата за 6 и менее часов до поступления радиоизотопов йода. Прием препарата спустя 6 часов после ингаляционного поступления приводит к 2-х кратному снижению дозы, а спустя 24 часа – практическому отсутствию защитного эффекта. Эти динамические характеристики эффективности йодной профилактики определяют требования к организации, материально-техническому обеспечению, информированию населения и графику проведения профилактики среди населения, проживающего вблизи радиационно-опасного объекта в зонах аварийного планирования.

Однократное применение стабильного йода обеспечивает защиту щитовидной железы примерно на 24 часа. Как правило, эвакуация населения (при наличии показаний) является более предпочтительной мерой защиты, чем повторный прием препарата стабильного йода. Если эвакуация, по каким-либо причинам, задерживается или невозможна, то многократное (повторное) применение стабильного йода должно проводиться не ранее 24 часов после первого приема препарата и только в условиях или при возможности пролонгированного выхода радиоактивности во внешнюю среду. План защиты населения должен предусматривать возможность повторного применения стабильного йода для населения, находящегося в укрытиях.

4.5. Критерии для принятия неотложных решений в начальном периоде радиационной аварии установлены в НРБ-99/2009 в форме предотвращаемой поглощенной дозы за первые 10 суток и равны для йодной профилактики 250 – 2500 мГр для взрослых и 100–1000 мГр для детей.

В настоящих методических рекомендациях принимаются: 1) дозовые уровни для начала йодной профилактики на основе ожидаемой дозы в щитовидной железе от поступления радиоактивных изотопов йода (с учетом медико-биологических последствий аварии на Чернобыльской АЭС); 2) дозировки защитного препарата в зависимости от возраста и возможности повторного приема.

В качестве дозового уровня планирования йодной профилактики даются следующие значения ожидаемой дозы в щитовидной железе от ингаляционного поступления радиоактивных изотопов йода:

-50 мГр для детей (введен 2-кратный запас на возможное поступление радиоактивного йода с материнским молоком);

- 250 мГр для взрослых до 45 лет;

- 2500 мГр - для взрослых старше 45 лет (для них йодная профилактика направлена на предотвращение возникновения детерминированных эффектов облучения).

Введены следующие возрастные группы и дозировки защитного препарата: дети до 1 года (новорожденные и дети, находящиеся на грудном вскармливании) – 16 мг, дети от 1 года до 3 лет

– 32 мг, дети от 3 до 12 лет – 64 мг, подростки от 13 до 18 лет, взрослые до 45 лет, кормящие матери, взрослые старше 45 лет – 125 мг.

4.6. Риск серьезных побочных эффектов для детей от однократного приема препарата стабильного йода (30 мг KI) оценивается величиной 10^{-7} (1 случай на 10 млн. детей), что на два порядка ниже вероятности индукции радиологического рака щитовидной железы при поглощенной дозе 50 мГр.

4.7. Допускается установление зоны превентивной йодной профилактики. Принятие решения по превентивному проведению йодной профилактики, то есть до начала радиоактивного выброса и оценки его параметров и прогноза продолжительности, основывается на перечне постулированных серьезных технических или технологических отклонений от нормальной эксплуатации, которые могут привести к возникновению радиационной аварии.

5. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ РАДИОАКТИВНОГО ЙОДА

При радиационной аварии на ядерном реакторе происходит выброс радиоактивных продуктов в окружающую среду и, в том числе, значительных количеств радиоактивных изотопов йода ($^{131-135}\text{I}$). В начальный ранний период аварии основной путь поступления радиоактивных изотопов йода в организм – ингаляционный. В более поздние сроки при отсутствии контроля продуктов питания и их бракеража, основным путём поступления радиоактивного йода является алиментарный – в основном с молоком [1, 4, 7].

При попадании в организм радиоактивные изотопы йода избирательно накапливаются в щитовидной железе, вызывая её поражение. Уровни накопления радиоактивного йода в щитовидной железе зависят от возраста человека и функционального состояния щитовидной железы. В нормально функционирующей щитовидной железе взрослого человека накапливается около 30% от поступившего радионуклида. У детей в связи с более высокой функциональной активностью и меньшими размерами щитовидной железы, чем у взрослого человека, накопление радиоактивного йода в железе происходит в больших количествах, быстрее, и формируются более высокие поглощённые дозы. Так, у детей в возрасте до одного года максимальные поглощённые дозы на единицу поступающей активности ^{131}I формируются примерно в 10 раз выше, чем у взрослого человека. С увеличением возраста ребёнка уровни накопления радиоактивного йода в щитовидной железе снижаются и к 14 годам соответствуют уровням накопления его у взрослого человека [1, 5, 12-14].

У беременных женщин, в связи с повышенной функцией щитовидной железы, уровни накопления и формирование поглощённых доз в щитовидной железе выше примерно в 1,5 раза, чем у взрослого человека. В период беременности максимальные поглощённые дозы у плода

формируются перед родами [15-19]. У кормящих женщин в грудное молоко в течение суток переходит до 30% радиоактивного йода, поступившего в организм. Лактация – один из значимых путей выведения радиоактивного йода из организма матери и дополнительной опасности для ребенка [19, 20].

При нарушенной функции щитовидной железы уровни накопления радиоактивного йода меняются: при гиперфункции накопление увеличивается до 50%, при гипофункции снижается до 15-25%. В условиях йодного дефицита уровни накопления радиоактивного йода в щитовидной железе возрастают (при 50% дефиците более чем в 2,5 раза) [21, 22].

Степень поражения щитовидной железы зависит от поглощённой в щитовидной железе дозы, возраста человека и функционального состояния щитовидной железы. Дозы более 10 Гр могут вызвать острое поражение щитовидной железы (особенно у детей), которые могут проявиться нарушением функции и структуры щитовидной железы (острый гипотиреоз, острый тиреоидит, острый тиреотоксикоз) [6, 12, 23]. После аварии на Чернобыльской АЭС острых поражений щитовидной железы у населения не было выявлено. При меньших дозах в щитовидной железе возможно развитие доброкачественных и злокачественных опухолей (узлы, рак). В результате аварии на ЧАЭС несколько тысяч детей получили дозу на щитовидную железу несколько Гр, а большая часть детей получила дозы менее 300 мГр (0,3 Гр). У детей увеличение частоты рака щитовидной железы по данным [24-27] наблюдали при поглощённых дозах свыше 0,1 Гр (100 мГр). У взрослых увеличение случаев рака щитовидной железы в результате облучения после аварии на ЧАЭС не наблюдалось [28-30].

По современным представлениям избыточный абсолютный риск рака щитовидной железы у детей до 15 лет от внешнего γ -излучения с высокой мощностью дозы оценивается величиной $4,4 \cdot 10^{-4}$ (чел-лет) $^{-1}$ на 1 Гр [31].

У детей до 15 лет, облученных в результате аварии на Чернобыльской АЭС, по данным анализа доза – эффект для всех случаев рака в Белоруссии, России и Украине, абсолютный избыточный риск рака щитовидной железы оценен величиной $2,3 \cdot 10^{-4}$ (чел-лет) $^{-1}$ на 1 Гр [32], что сравнимо с риском от внешнего радиоактивного излучения.

Сделанные оценки абсолютного избыточного риска щитовидной железы у детей, подвергшихся воздействию радиоактивного йода, означают, что у 23 детей из 100000 облученных, может возникнуть радиационно-индуцированный рак щитовидной железы. Рак щитовидной железы у детей (папиллярная карцинома) имеет более агрессивное течение, чем у взрослых [33-35].

Имеется основание полагать, что в регионах с выраженным йодным дефицитом риск развития радиационно-индуцированного рака щитовидной железы может быть выше, чем в регионах с нормальной йодной обеспеченностью пищевого рациона [22, 32].

Уровни радиационного риска поражения щитовидной железы могут быть снижены или даже предотвращены при назначении йодной профилактики как таковой или в комплексе с другими мерами защиты: укрытие, эвакуация, контроль продуктов питания.

6. ЙОДНАЯ ПРОФИЛАКТИКА, КАК СПОСОБ ЗАЩИТЫ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ОТ НАКОПЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЙОДА

6.1. Для защиты щитовидной железы от накопления радиоактивного йода (йодная профилактика) применяются препараты стабильного йода – йодида калия (KI). В основе защитного действия лежит процесс блокады функции щитовидной железы большими дозами стабильного йода до начала поступления радиоактивного йода. Полнота и продолжительность блокады зависит от дозировки стабильного йода: чем больше вводимое количество KI, тем продолжительнее блокада, и позднее наступает деблокада (восстановление функции щитовидной железы). Блокада на однократное введение больших дозировок KI (100-250 мг) имеет временный характер. Деблокада определяется скоростью выведения йода из организма и щитовидной железы. У взрослого человека 90% стабильного йода из организма выводятся в течение 2-3 суток, из щитовидной железы йод выводится с периодом полувыведения 120 суток, у детей – 15-50 суток. При однократном поступлении блокирующих дозировок йодида калия время полного восстановления функции щитовидной железы у взрослого человека составляет 5-8 суток. Многократное введение больших дозировок KI увеличивает продолжительность блокады и удлиняет период деблокады. Для блокады щитовидной железы у лиц разного возраста, в зависимости от размеров (массы) щитовидной железы требуются разные количества KI. Чем меньше возраст человека (меньше масса щитовидной железы), тем меньше количества KI требуются для блокады щитовидной железы [1, 8, 11].

6.2. Эффективность защитного действия KI зависит от времени между приёмом KI и поступлением радиоактивного йода. Максимальный эффект защиты наблюдается при предварительном или одновременном поступлении KI и радиоактивного йода в организм. Защитный эффект KI снижается, если его применять после поступления радиоактивного йода (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние фактора времени на эффективность защиты щитовидной железы взрослого человека приемом КИ [1]

Время между приемом КИ и поступлением радиоактивного йода, часы	Степень защиты щитовидной железы, %
-24	70
-8	95
0	97
+2	70-80
+8	40
+24	2

7. ДОЗИРОВКИ И ДОПУСТИМАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПРИЁМА ТАБЛЕТОК ЙОДИДА КАЛИЯ ДЛЯ ЛИЦ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

7.1. **Дозировки.** В настоящее время для целей йодной профилактики накопления радиоактивного йода в щитовидной железе взрослого человека установлена дозировка йодида калия 125 мг (100 мг по йоду).

Пропорциональные возрасту (массе щитовидной железы) в настоящих методических рекомендациях дозировки для детей составляют от 16 до 125 мг (табл. 2).

Таблица 2 – Дозировки йодида калия для защиты щитовидной железы от накопления радиоактивного йода и возможное использование существующих форм таблеток КИ для взрослых и детей

Группа населения, возраст	Рекомендуемые дозировки КИ, мг	Существующие таблетки КИ	
		для взрослых 125 мг	для детей 40 мг
Новорожденные	16	(1/8)	1/2
Дети от 1 месяца до 3 лет	32	(1/4)	1
Дети 3-12 лет	64	1/2	-
Подростки и взрослые	125	1	-
Беременные	125	1	-
Кормящие женщины	125	1	-

Для получения необходимых дозировок йодида калия для детей таблетки 125 и 40 мг могут быть использованы путём их деления.

7.2. **Основание для начала йодной профилактики.** Йодная профилактика направлена, прежде всего, на защиту щитовидной железы от накопления радиоактивных изотопов йода ($^{131-135}\text{I}$), поступающих на начальном этапе аварии ингаляционным путём.

В зоне превентивных мероприятий (противоаварийного планирования) йодная профилактика начинается немедленно при угрозе загрязнения воздуха и территории выбросами радиоактивных продуктов, содержащих радиоактивные изотопы йода.

За пределами зоны превентивных мероприятий йодная профилактика назначается на основании прогнозируемых поглощенных доз в щитовидной железе: 50 мГр для всех детей, подростков и беременных женщин; 250 мГр для взрослых лиц до 45 лет и кормящих женщин и 2,5 Гр для лиц старше 45 лет (табл. 3).

Таблица 3 – Дозовые уровни планирования йодной профилактики

Популяционная группа	Ожидаемые уровни доз в щитовидной железе, мГр
Новорожденные, дети до года, находящиеся на грудном вскармливании	50
Дети (0-12 лет) и подростки (13-18 лет)	50
Беременные женщины	50*
Кормящие матери	250**
Взрослые (до 45 лет)	250
Взрослые (старше 45 лет)	2500

Примечание: *- критерием является прогнозируемая доза облучения щитовидной железы плода;

** - при условии проведения профилактики младенцу.

7.3. Допустимая продолжительность проведения йодной профилактики.

Однократный приём таблеток йодида калия в соответствующих дозировках обеспечивает полноценную блокаду щитовидной железы в течение суток.

Для защиты щитовидной железы от ингаляционного поступления достаточно однократного приёма таблеток йодида калия. В случае угрозы повторного или многократного поступления радиоактивных изотопов йода ингаляционным путём или с молоком, допустимы повторные и многократные назначения защитного препарата детям от 1 месяца до 14 лет и подросткам от 14 до 18 лет, у которых период деблокады короче, чем у взрослого человека (3-5 дней, у взрослого человека 5–8 дней), а последствия длительной блокады щитовидной железы менее выражены. Для других групп населения (новорожденные, беременные, кормящие женщины) при угрозе повторного или длительного поступления радиоактивного йода необходимо применять другие меры защиты: укрытие, эвакуация, контроль продуктов питания.

В таблице 4 приведены обобщенные данные по дозировкам и допустимой длительности приёма йодида калия для разных групп населения.

Таблица 4 – Допустимая продолжительность приёма таблеток стабильного йода с целью профилактики накопления радиоактивного йода в щитовидной железе

Группы населения, возраст	Продолжительность приема
Дети до 1 года (новорожденные и грудного вскармливания)	Однократно
Дети от 1 года до 3 лет	Допускается повторный прием (через 24 часа)
Дети 3-12 лет	Допускается повторный и многократный прием (1 раз в сутки в течение 5 дней)
Подростки 13-18 лет	Допускается повторный и многократный прием (1 раз в сутки в течение 5 дней)
Взрослые (до 45 лет)	Допускается повторный и многократный прием (1 раз в сутки в течение 5 дней)
Беременные	Однократно
Кормящие	Однократно
Взрослые (старше 45 лет)	Допускается повторный прием (через 24 часа)

Примечание: При обязательном исключении потребления продуктов содержащих радиоактивные вещества выше допустимых уровней предусмотренных НРБ-99.

8. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ПРЕПАРАТЫ ЙОДА

В чрезвычайных ситуациях, в случаях отсутствия таблеток йодида калия, можно использовать другие препараты, содержащие йод, такие как спиртовая настойка йода и раствор Люголя.

Применение для йодной профилактики раствора Люголя и, особенно, спиртовой настойки йода должно рассматриваться как исключительная, а не равноценная таблеткам KI мера, в связи с более высокой токсичностью атомарного йода, входящего в состав настойки йода и раствора Люголя, по сравнению с таблетированной формой йодида калия. Необходима четкая и точная дозировка указанных растворов (табл. 5). Применение этих альтернативных препаратов проводится исключительно медицинским персоналом. Растворы йода доступны для приобретения, они относительно стабильны, из них легко приготовить необходимые растворы, однако они имеют неприятный запах и вкус.

Спиртовой раствор йода. Применяется для взрослых и подростков старше 12 лет по 44 капли, или 1 мл 5% настойки йода в 1/2 стакана молока или воды. Стандартная аптечная фасовка содержит 10 мл раствора, то есть 10 дозировок. Для одновременного приготовления 10 рекомендуемых дозировок необходимо содержимое одного аптечного флакона растворить в объеме жидкости, содержащейся в 5 стаканах, и принимать по 1/2 стакана на прием.

Раствор Люголя (водный раствор, содержит 5% йода и 10% йодида калия). Применяется для взрослых и подростков старше 12 лет по 22 капли, или 1 мл настойки в 1/2 стакана молока или воды. Стандартная аптечная фасовка содержит 20 или 25 мл раствора.

Таблица 5 – Дозировки альтернативных препаратов, содержащих йод, для перорального приёма

Форма приёма	Возрастная группа		
	Взрослые, включая беременных и кормящих женщин, и подростки (старше 12 лет)	Дети 0-12 лет	Лица старше 45 лет
5% спиртовая настойка йода	1 мл или ~ 44 капли в 1/2 стакане молока или воды	Не рекомендуется	Не рекомендуется
Раствор Люголя	1 мл или ~ 22 капли в 1/2 стакане молока или воды	Не рекомендуется	Не рекомендуется

9. ПОБОЧНОЕ ДЕЙСТВИЕ ЗАЩИТНЫХ ЙОДСОДЕРЖАЩИХ ПРЕПАРАТОВ

При применении больших дозировок йодсодержащих препаратов (йодида калия, спиртовой настойки йода или раствора Люголя) возможны негативные эффекты, связанные с блокадой функции щитовидной железы и с побочным их действием токсического характера.

9.1. Риск последствий от блокады функции щитовидной железы. Гормоны щитовидной железы играют важную роль в жизнедеятельности организма. Они оказывают регулирующее влияние на основные функции организма: деятельность нервной, сердечно-сосудистой, иммунной и репродуктивной систем, обмен веществ, рост и развитие плода и ребёнка и др. Дефицит тиреоидных гормонов, обусловленный снижением или временным исключением функции щитовидной железы, может проявиться реакциями со стороны отдельных органов и систем или организма в целом [36, 37].

Временная блокада функции щитовидной железы на однократное введение защитного препарата практически не сказывается на состоянии здоровья детей и взрослых. Длительная блокада функции щитовидной железы после многократного приёма больших дозировок йодсодержащих препаратов увеличивает риск гипотиреоза (снижение функции щитовидной железы). Для лиц разного возраста риск гипотиреоза и его последствия для состояния отдельных органов и систем организма или организма в целом будут различны [36, 37].

У новорождённых длительная блокада функции щитовидной железы повышает риск снижения адаптивных возможностей при переходе к внеутробной жизни, риск задержки

умственного развития. Изменения могут носить необратимый характер. *Допускается только однократный приём блокирующих дозировок защитного препарата.*

У детей младенческого возраста (1 месяц - 3 года) многократный приём блокирующих функцию щитовидной железы дозировок защитного препарата увеличивает риск временной задержки психомоторного развития, нарушения обмена веществ, физического развития. Разрешается повторный приём защитного препарата.

У детей 3-14 лет и подростков длительное выключение функции щитовидной железы может привести к преходящей задержке роста и развития, обмена веществ, которые восстанавливаются с восстановлением функции щитовидной железы. Допустимо многократное назначение защитного препарата [46].

У взрослых до 45 лет у мужчин и женщин длительное выключение функции щитовидной железы увеличивает риск функциональных расстройств органов и систем, регулируемых гормонами щитовидной железы (сердечно-сосудистой, нервной, иммунной и др.). Длительное выключение функции щитовидной железы может привести у женщин к нарушению функции половых желёз (нарушение созревания яйцевых фолликулов). У мужчин длительное выключение функции щитовидной железы не сказывается на репродуктивной функции. Допустим однократный приём защитного препарата при угрозе ингаляционного поступления радиоактивного йода.

У взрослых старше 45 лет снижение или выключение функции щитовидной железы увеличивает риск заболеваний щитовидной железы, в том числе, злокачественными новообразованиями, утяжеляет заболевания ряда органов и систем, функционально связанных с деятельностью щитовидной железы. Заболевания носят прогрессирующий характер, трудно поддаются лечению. Пожилые и старые женщины относятся к группе высокого риска по дефициту тиреоидных гормонов [37]. Допустим однократный приём защитного препарата только при угрозе ингаляционного поступления и формировании высоких доз облучения щитовидной железы (2,5 Гр).

Учитывая повышенный риск гипотиреоза от длительного или многократного приёма больших дозировок, препараты стабильного йода следует принимать только при реальной угрозе радиационного воздействия и, как правило, только однократно.

9.2. Побочное действие токсического характера. При назначении больших дозировок йодсодержащих препаратов помимо негативных эффектов, связанных с блокадой функции щитовидной железы, возможно побочное действие йода токсического характера.

Возможны два типа реакций: в самой щитовидной железе (аутоиммунного тиреоидита и аденом), которые наиболее вероятны у лиц старшего возраста и эффекты, проявляющиеся преходящими реакциями со стороны желудочно-кишечного тракта (рвота, боли в области

желудка, диарея), кожных покровов (сыпь), аллергических реакций (отёки), головная боль, отдышка и др. Проявление этих реакций наиболее вероятно в регионах зубной эндемии [38].

9.3. Риск серьёзных побочных эффектов у детей от однократного приёма КІ в дозировке 30 мг по йоду оценивается величиной 1 случай на 10 млн. детей (опыт проведения йодной профилактики в Польше после аварии на ЧАЭС) [38].

Сравнительный анализ риска побочных эффектов от применения больших доз КІ и риска рака щитовидной железы для детей от радиоактивного йода, который оценивается величиной $2,3 \cdot 10^{-4}$ чел.·Гр в год (или 2300 случаев на 10 млн. чел.·Гр в год), показывает таким образом, что риск от радиации несопоставимо выше, чем риск от КІ, которым можно пренебречь [32].

10. ТАБЛЕТКИ ЙОДИДА КАЛИЯ (КІ): ФОРМА, ДОЗИРОВКИ, УСЛОВИЯ ХРАНЕНИЯ

Калий йодид выпускается в таблетках без риски, герметично упакованных. Учитывая отсутствие риски на выпускаемых таблетках йодида калия и, следовательно, сложности при их делении, допустимо использование деления на половину таблетки для взрослого (125 мг) и для детей (40 мг).

Условия и сроки хранения. Таблетки необходимо хранить в защищённом от воздействия тепла, света и влаги месте в герметичной упаковке. Таблетки, герметично упакованные, при соблюдении правил хранения полностью сохраняют содержания йода в течение до 5 лет.

11. ПЛАНИРОВАНИЕ, ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ЙОДНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ

Основной целью планирования и эффективного проведения йодной профилактики является обеспечение доступности (в кратчайшие сроки) препаратами стабильного йода для всех групп и, особенно, детского населения.

Планирование йодной профилактики должно осуществляться в рамках общей системы защитных мер, которые в соответствии с действующими нормативными требованиями закрепляются в планах мероприятий по защите населения в случае радиационной аварии.

В планах защиты населения необходимо учитывать конкретные особенности инфраструктуры территории и местные условия для обеспечения раздачи препаратов стабильного йода. В первую очередь, необходимо планировать создание запасов в лечебных учреждениях (для персонала и больных), детских дошкольных учреждениях, школах, воинских

частях и гарнизонах, исправительно-трудовых учреждениях и других местах, в которых человек не в полной мере способен принимать индивидуальные решения и действия.

Способы организации раздачи препаратов стабильного йода могут быть различны. Важно, чтобы они были закреплены в противоаварийном плане для каждого населенного пункта, находящегося на территории зоны планирования защитных мероприятий. Это может быть постоянное хранение дома, или получение через аптечную сеть, или раздача специальными бригадами (группами). Разрабатываемые схемы раздачи должны отрабатываться путем проведения на регулярной основе практических занятий и тренировок.

При планировании создания запасов и резервов препаратов стабильного йода необходимо отдавать предпочтение таблетированным формам, дифференцированным для взрослого населения и детей. Должно быть осуществлено количественное обоснование необходимых запасов стабильного йода с учетом постоянного обновления.

В случае масштабной радиационной аварии, в первую очередь, потребность в проведении йодной профилактики возникает в отношении населения, проживающего в городах (поселках) предприятий атомной энергетики и промышленности, а также сельских населенных пунктах, расположенных в, так называемых, зонах наблюдения этих объектов.

Решение о начале йодной профилактики населения принимается в соответствии с порядком, установленным в противоаварийных планах, согласно регламентам оповещения и объявления чрезвычайной (аварийной) ситуации. В случае возникновения аварии, имеющей высокую вероятность выброса радиоактивного йода, необходимо предусмотреть проведение превентивной (до начала выброса) йодной профилактики населению.

В соответствии с МУ 2.6.1.2396-08 «Мониторинг радиоактивного йода в случае масштабной радиационной аварии» [39] устанавливаются значения параметров радиационной обстановки, свидетельствующие о возникновении аварийной ситуации и являющиеся критериями для принятия решений о введении защитных мер и ограничении жизнедеятельности населения на начальном периоде радиационной аварии.

Эффективность проведения йодной профилактики определяется своевременным оповещением населения. Население, в отношении которого предусматривается проведение защитных мероприятий, должно быть незамедлительно проинформировано. При этом характер информации должен быть заблаговременно отработан с тем, чтобы избежать состояния стресса и паники и одновременно дать необходимые конкретные инструкции по действиям, в том числе по профилактическому применению препаратов стабильного йода. Информирование населения должно осуществляться с привлечением соответствующих специалистов – медицинских работников, психологов.

Список использованных источников

1. Радиоактивный йод в проблеме радиационной безопасности. Под ред. проф. Л.А. Ильина. М.: Атомиздат, 1972. – 270 с.
2. Инструкция по проведению йодной профилактики в случае аварии ядерного реактора. Л.А. Ильин, Г.В. Архангельская, И.А. Лихтарев. Утверждена МЗ СССР 27 декабря 1967 г.
3. Израэль Ю.А. Чернобыль: радиоактивное загрязнение природных сред. Л.: Гидрометеоздат, 1990.
4. Buzulukov Yu.P., Dobrynin Yu.L. Release of radionuclides during the Chernobyl accident. Chernobyl papers, v.1. Doses to the Soviet population and early health effects studies. Washington. RGPS, 1993. P 3-22.
5. International Commission on Radiological Protection. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides. ICRP Publication 56, Part 1. Annals of the ICRP 20(2). Pergamon Press, Oxford, 1989.
6. Рекомендации Международной комиссии по радиационной защите. 1990, (МКРЗ). Публ. 60, ч. 2. М.; Энергоиздат, 1994.
7. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1996.
8. Руководство по йодной профилактике после ядерных аварий. Пересмотрены в 1999 г. Перевод ГНЦ-ИБФ, 17 с. (Guidelines for Iodine Prophylaxis following Nuclear Accidents. Update 1999. World Health Organization. Vienna, 1999).
9. Инструкция по применению йодида калия. М., Минздрав СССР, 1987.
10. Рекомендации по применению препаратов стабильного йода населением для защиты щитовидной железы и организма от радиоактивных изотопов йода. Утверждены Минздравом РФ в 1993 г.
11. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 100 с.
12. Лягинская А.М., Осипов В.А. Короткоживущие изотопы йода (131-135) в условиях радиационной аварии: особенности формирования и распределения поглощённых доз в щитовидной железе, биологические эффекты. Мед. радиология и радиационная безопасность. 2005. т.50, №2. С. 18-26.
13. International Commission on Radiological Protection. Doses to the embryo and fetus from intakes of radionuclides by the mother. Annals ICRP. Oxford: Pergamon Press; Publication 88 (2002).
14. National Council on Radiation Protection and Measurements. Radionuclide exposure of the embryo/fetus. Bethesda: NCRP; Report No. 128 (1998).
15. International Commission on Radiological Protection. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides. ICRP Publication 56, Part 1. Annals of the ICRP 20(2). Pergamon Press, Oxford, 1989.
16. International Commission on Radiological Protection. Doses to the Embryo and Fetus from Intakes of Radionuclides by the Mother. ICRP Publication 88. Annals of the ICRP 31(1-3). Pergamon Press, Oxford, 2001.
17. International Commission on Radiological Protection. Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection: reference values. Annals ICRP. Oxford: Pergamon Press; Publication 89 (2003).
18. International Commission on Radiological Protection. Doses to infants from ingestion of radionuclides in mother's milk. Annals ICRP. Oxford: Pergamon Press; Publication 95 (2004).
19. Овчаренко Е.П. Поступление радионуклидов к потомству с молоком матери. Медицинская радиология, 1982, № 1. – С. 71-78.

20. Simon SL, Luckyanov N, Bouville A, VanMiddlesworth L, Weinstock RM. Transfer of ^{131}I into human breast milk and transfer coefficients for radiological dose assessments. *Health Phys* 82(6): 796-806; 2002.
21. Маленченко А.Ф. О некоторых эпидемиологических факторах генеза радиационной патологии щитовидной железы. *Здравоохранение Белоруссии*, 1992, № 2. – С. 47.
22. Zvonova, I.A. Dietary intake of stable I and some aspects of radioiodine dosimetry. *Health Phys*. 57(3): 471-475 (1989).
23. Василенко И.Я. Радиационная опасность радиоизотопов йода. *Атомная энергия*. 1987. т. 63. вып. 4. – С. 244-248.
24. Щитовидная железа у детей: последствия Чернобыля. Под ред. Л.Н. Астаховой. Минск, 1996. – 216 с.
25. Tronko N. et al. Thyroid cancer in children and adolescents in Ukraine after the Chernobyl accident (1986-1995). In: Karaoglou A. et al. The radiological consequences of the Chernobyl accident. Proceedings of the first international conference. Minsk, Belarus, 18-22 March 1996. Brussels/Luxembourg, ECSC-EC-EAEC, 1996. – P. 683-690.
26. Tsyb A.F. et al. Thyroid cancer in children and adolescents of Bryansk and Kaluga regions. In: Karaoglou A. et al. The radiological consequences of the Chernobyl accident. Proceedings of the first international conference. Minsk, Belarus, 18-22 March 1996. Brussels/Luxembourg, ECSC-EC-EAEC, 1996. – P. 691-697.
27. Likhtarev I.A. et al. Thyroid cancer in Ukraine. *Nature*, 1995, 375. – P. 365.
28. Jacob, P., T.I. Bogdanova, E. Buglova et al. Thyroid cancer risk in areas of Ukraine and Belarus affected by the Chernobyl accident. *Radiat. Res.* 165(1): 1-8 (2006).
29. Ivanov, V.K., A.I. Gorski, A.F. Tsyb et al. Radiation-epidemiological studies of thyroid cancer incidence among children and adolescents in the Bryansk oblast of Russia after the Chernobyl accident (1991-2001 follow-up period). *Radiat. Environ. Biophys.* 45(1): 9-16 (2006).
30. Likhtarov, I., L. Kovgan, S. Vavilov et al. Post-Chernobyl thyroid cancers in Ukraine. Report 2: risk analysis. *Radiat. Res.* 166(2): 375-386 (2006).
31. Ron E. et al. Thyroid cancer after exposure to external radiation: a pooled analysis of seven studies. *Radiation research*, 1995, 141. – P. 259-277.
32. Cardis E. et al. Risk of thyroid cancer after exposure to ^{131}I in Chernobyl. *J. of the National Cancer Institute*, 2005, N 10. – P. 724-732.
33. Williams E.D., Tronko N.D. Molecular cellular biological characterization of childhood thyroid cancer. Brussels: European Commission, 1996.
34. Furmanchuc A.W., Avercin J.I., Egloff B., Ruchti C., Abelin T., Schappi W., Korotkevich E.A. Pathomorphological findings in the Republic of Belarus: a study of 86 cases occurring between 1986 («post Chernobyl») and 1991. *Histopathology*, 1992, 21. – P. 401-408.
35. Parker L., Belsky J.L., Yamamoto T. et al. Thyroid carcinoma after exposure to atomic radiation. *Ann. Intern. Med.* 1974, V. 80, P. 600-604.
36. Дедов И.И., Дедов В.И. Чернобыль: радиоактивный йод – щитовидная железа. М., 1996. – 235 с.
37. Станбури Д.Б., Эрманс А.Е., Бурдокс Р. и др. Индуцированный йодом гипертиреоз: распространенность и эпидемиология. *Мат. Симпозиума по индуцированному йодом гипертиреозу*. США, Бруклин, Массачусетс. Март 1996. – 300 с.
38. Piotrzak-Fils Z., Krajewski P., Radwan I., Muramatsu Y. Retrospective evaluation of ^{131}I deposition density and thyroid dose in Poland after the Chernobyl accident/ *Health Phys.*, 2003, v. 84, N 6. – P. 698-708.
39. Методические указания «Мониторинг радиоактивного йода в случае масштабной радиационной аварии». М.: 2008; *Радиационная гигиена*, Т.2 №3, 2008. С.67-86