

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**



«УТВЕРЖДАЮ»

Первый заместитель Министра

Р.А. Часнойть

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2008г.

Регистрационный № 048-0508

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГЛОЩЕННЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ  
ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ЖИТЕЛЕЙ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
инструкция по применению

**Учреждение-разработчик:**

Государственное учреждение “Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека”

Государственное учреждение образования “Белорусская медицинская академия последипломного образования”

**Авторы:** канд. биол. наук, старший научный сотрудник В.Ф. Миненко,  
канд. биол. наук, доцент Н.Г. Власова.

Гомель 2008

## **Показания к применению:**

Инструкция предназначена для использования специалистами учреждений и организаций Министерства здравоохранения, в сферу ответственности которых входит подготовка необходимых исходных данных и выполнение расчетов средних по возрастным группам доз облучения ЩЖ жителей НП.

## **Описание технологии использования способа**

Предлагается инструкция определения поглощенных доз облучения щитовидной железы жителей населенных пунктов Республики Беларусь, а именно, внесенные изменения числовых значений параметров радиологической модели реконструкции поглощённых доз облучения щитовидной железы методических указаний (МУ) “Определение поглощенных доз облучения щитовидной железы жителей населенных пунктов Республики Беларусь”, Минск, 2003.

## **1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

1.1 Настоящая Инструкция определяет принятые в дозиметрической модели допущения, требования к исходным данным и процедуру расчета поглощенной дозы облучения щитовидной железы (ЩЖ) жителей населенных пунктов Республики Беларусь в «йодный» период чернобыльской аварии (апрель-июнь 1986 г.).

1.2 Согласно Инструкции значения поглощенной дозы в ЩЖ могут быть определены для каждого населённого пункта (НП) Республики Беларусь, так как вся территория Беларуси подверглась воздействию радиоактивного йода (преимущественно йода-131) в результате аварии на ЧАЭС.

1.3 Инструкция разработана с целью оценки дозы облучения от йода-131 "чернобыльского" происхождения для 6 возрастных групп населения, проживавшего безвыездно в конкретном НП в «йодный» период (апрель-июнь 1986 г.).

## **2 ПРИНЯТЫЕ ДОПУЩЕНИЯ**

2.1 Население каждого НП подразделяется на 6 возрастных групп согласно [1]:

1 группа - лица в возрасте от 0 до 1 года,

2 группа - лица в возрасте от 1 года до 2 лет,

3 группа - лица в возрасте от 2 до 7 лет,

4 группа - лица в возрасте от 7 до 12 лет,

5 группа - лица в возрасте от 12 до 17 лет,

6 группа - лица в возрасте старше 17 лет.

2.2 Доза облучения ЩЖ формируется за счет внутреннего облучения инкорпорированного в организме йода-131.

2.3 Реализуются только два пути поступления йода-131 в организм человека: ингаляционный (поступление радионуклидов с вдыхаемым воздухом) и пероральный (поступление радионуклидов с пищей).

2.4 Источниками перорального поступления йода-131 в организм представителей названных возрастных групп приняты: молоко (коровье, грудное), молочные продукты и листовые овощи.

2.5 По особенностям перорального поступления йода-131 в организм человека выделяются 2 типа НП: городские и сельские. Для жителей НП городского типа источником поступления продуктов питания является магазин, для жителей сельских НП - личное хозяйство (местное производство).

2.6 Поступление  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ ингаляционным путем происходило только в период нахождения радиоактивного облака над территорией НП. Ингаляционное поступления  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ за счет вторичного подъема выпавшего  $^{131}\text{I}$  не учитывается в виду его незначительности по сравнению с поступлением от облака [2].

2.7 На территории Беларуси реализовывались радиоактивные выпадения «мокрого», «сухого» и «смешанного» типов.

2.8 Поверхностное загрязнение листовых овощей йодом-131 - основной путь радиоактивного загрязнения. Корневой путь поступления  $^{131}\text{I}$  не рассматривается в виду его незначительности в йодный период [2].

2.9 Величина поглощенной дозы в ЩЖ для представителя любой возрастной группы определяется как центральная оценка, т.е. рассчитывается на основе средних параметров для соответствующего типа распределения значений исходных параметров.

2.10 Значения массы ЩЖ и биологического периода полувыведения йода-131 из ЩЖ для представителей каждой возрастной группы взяты в соответствии с Публикацией 56 МКРЗ [1] (табл. А.1 Приложения А).

2.11 Средние геометрические оценки величин потребления молока, молочных продуктов и листовых овощей для каждой возрастной группы, полученные по результатам опросов нескольких тысяч городских и сельских жителей, проживающих на территориях радиоактивного загрязнения, распространяются на все НП Беларуси [3] (табл. А.2-А.4 Приложения А).

2.12 Значения скорости легочной вентиляции для представителей каждой возрастной группы взяты согласно [4, 5] (табл. А.1 Приложения А).

2.13 Любые защитные меры, направленные на снижение поступления радионуклидов йода в организм человека, во внимание не принимаются.

2.14 По динамике выпадений и радиоэкологическим особенностям территория Беларуси подразделяется на 10 регионов на основе данных [6, 7] (табл. А.5-А.6 Приложения А).

### **3. ТРЕБОВАНИЯ К ИСХОДНЫМ ДАННЫМ**

3.1. Для расчета поглощенной дозы облучения ЩЖ конкретной возрастной группы жителей НП используются следующие данные:

- 3.1.1 дата начала выпадения радионуклидов йода на территории НП;
- 3.1.2 динамика суточных выпадений йода-131 на территории НП;
- 3.1.3 интеграл выпадений йода-131 на территорию данного НП, приведенный к 26.04.86 г., либо интеграл выпадений цезия-137 на территорию НП, приведенный к той же дате;
- 3.1.4 отношение интеграла выпадений йода-131 к интегралу выпадений цезия-137 для данного НП, приведенное к 26.04.86 г.;
- 3.1.5 дата начала выпаса коров в данной местности;
- 3.1.6 урожайность травы в период максимальных выпадений йода-131;
- 3.1.7 тип НП (городской или сельский).

Официальными источниками названной информации для конкретных НП и территорий по пп. 3.1.1-3.1.4 является Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды по пп. 3.1.5, 3.1.6 - органы исполнительной власти на местах, по п. 3.1.7 – Министерство статистики Республики Беларусь.

3.2 При отсутствии сведений, относящихся к пп. 3.1.1 – 3.1.3 для любого НП, в качестве исходной информации используются сведения для региона выпадений, к которому относится НП. Региональные значения представлены в таблице А.5.

3.3 При отсутствии сведений, относящихся к пп. 3.1.5 - 3.1.6 для любого НП, в качестве исходной информации используются сведения для района, к которому относится НП. Районные значения представлены в таблице А.6.

3.4 По условиям потребления молока, молочных продуктов и листовых овощей в апреле-июне 1986 г. поселки городского типа с количеством жителей менее 6000 человек на 1986 г. относятся к сельским НП.

3.5 Допущения, изложенные в разделе 2, распространяются на все НП Беларуси.

#### 4. РАСЧЕТ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ЩЖ

4.1 В модели расчета доз облучения ЩЖ учитывается следующая последовательность событий:

выпадение радионуклидов йода на территорию НП,  
радиоактивное загрязнение окружающей среды,  
поступление радионуклидов йода в ЩЖ человека,  
формирование дозы облучения ЩЖ.

4.2 Доза внутреннего облучения ЩЖ йодом-131 за период времени  $\Delta T$  определяется следующим выражением:

$$D_a = \frac{E_{th}}{m_a} \cdot Q_a, \quad (4.1)$$

где  $D_a$  - доза облучения ЩЖ представителя возрастной группы  $a$  за  $\Delta T$  дней, Гр;

$E_{th}$  - средняя энергия, поглощаемая в ЩЖ на распад  $^{131}\text{I}$ , Дж·распад $^{-1}$ ;

$m_a$  - масса ЩЖ представителя возрастной группы  $a$ , кг;

$Q_a$  - количество распадов  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ за период времени  $\Delta T$ , распад;

$a$  - индекс, обозначающий возрастную группу.

Значения  $E_{th}$  принимается равным  $3.52 \cdot 10^{-14}$  Дж·расп<sup>-1</sup> для всех возрастных групп исходя из [8].

4.3. Полное количество распадов  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ представителя возрастной группы  $a$  за период времени  $\Delta T = t_n - t_0$  вычисляется путем интегрирования активности  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ за названный период времени:

$$Q_a = 8.64 \cdot 10^4 \cdot \int_{t_0}^{t_n} A_a(t) dt, \quad (4.2)$$

где  $8.64 \cdot 10^4$  – пересчетный множитель, с сут<sup>-1</sup>;

$A_a(t)$  – активность  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ в момент времени  $t$ , Бк;

$t_0$  – время начала выпадений  $^{131}\text{I}$  в НП, сут;

$t_n$  – время окончания йодного периода в НП, сут;

$t$  – переменная интегрирования, сут.

Отсчет времени ведется в сутках от 26.04.86 г. Величина  $\Delta T$  равна 70 сут.

4.4. Активность  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ в момент времени  $t$  определяется процессами поступления и выведения радионуклида:

$$A_a(t) = \int_{t_0}^t IF_a(t) \cdot RF_a(t - \tau) \cdot dt, \quad (4.3)$$

где  $IF_a(t)$  – функция, описывающая поступление  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ представителя возрастной группы  $a$ , Бк сут<sup>-1</sup>;

$RF_a(t - \tau)$  – безразмерная функция выведения  $^{131}\text{I}$  из ЩЖ;

$t$  – переменная интегрирования, сут.

4.5 Функция выведения  $^{131}\text{I}$  из ЩЖ принимается одинаковой для всех возрастных групп и определяется следующим выражением согласно [1, 2]:

$$RF_a(t) = e^{-\lambda_{th} t}, \quad (4.4)$$

где  $\lambda_{tha} = \lambda_{ba} + \lambda_r$  – эффективная постоянная полувыведения  $^{131}\text{I}$  из ЩЖ представителя возрастной группы  $a$ , сут $^{-1}$ ;

$\lambda_{ba}$  – биологическая постоянная полувыведения  $^{131}\text{I}$  из ЩЖ представителя возрастной группы  $a$ , сут $^{-1}$ ;

$\lambda_r$  – постоянная радиоактивного распада  $^{131}\text{I}$ , сут $^{-1}$ .

4.6 В соответствии с принятыми допущениями, поступление  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ может осуществляться следующими путями:

- ингаляционное поступление;
- поступление с коровьим или с грудным молоком;
- поступление с молочными продуктами;
- поступление с листовыми овощами, т.е.

$$IF_a(t) = IF_{ma}(t) + IF_{mpa}(t) + IF_{va}(t) + IF_{ia}(t), \quad (4.5)$$

где  $IF_{ma}(t)$  – функция, описывающая поступление  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ с молоком, Бк сут $^{-1}$ ;

$IF_{mpa}(t)$  – функция, описывающая поступление  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ с молочными продуктами, Бк сут $^{-1}$ ;

$IF_{va}(t)$  – функция, описывающая поступление  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ с листовыми овощами, Бк сут $^{-1}$ ;

$IF_{ia}(t)$  – функция, описывающая поступление  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ ингаляционным путем, Бк сут $^{-1}$ .

## 5 РАСЧЕТ ПОСТУПЛЕНИЯ ЙОДА-131 В ЩЖ ИНГАЛЯЦИОННЫМ ПУТЕМ

5.1 Поступление  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ ингаляционным путем определяется следующим выражением:

$$IF_{ia}(t) = K_l \cdot K_b \cdot C_l(t) \cdot V_{ia}, \quad (5.1)$$



где  $IF_{ia}(t)$  – количество  $^{131}\text{I}$ , поступившего в ЩЖ представителя возрастной группы  $a$  ингаляционным путем в момент времени  $t$ , Бк сут $^{-1}$ ;  
 $C_i(t)$  – концентрация  $^{131}\text{I}$  в воздухе в момент времени  $t$ , Бк м $^{-3}$ ;  
 $V_{ia}$  – интенсивность дыхания представителя возрастной группы  $a$ , м $^3$  сут $^{-1}$ ;  
 $K_l$  – безразмерный коэффициент перехода  $^{131}\text{I}$  из воздуха в кровь,  $K_l = 0.7/9$ ;  
 $K_b$  – безразмерный коэффициент перехода  $^{131}\text{I}$  из крови в ЩЖ,  $K_b = 0.3$  [1].

5.2 Поскольку для подавляющего большинства НП Беларуси данные о концентрации в воздухе йода-131 в период прохождения радиоактивных облаков отсутствуют, то для всех НП концентрация  $^{131}\text{I}$  в воздухе в день  $t$  вычисляется следующим образом:

$$C_i(t) = \frac{GD(t)}{V_T}, \quad (5.2)$$

где  $GD(t)$  – количество  $^{131}\text{I}$ , выпавшего на поверхность почвы и травы в момент времени  $t$ , кБк м $^{-2}$  сут $^{-1}$ ;  
 $V_T$  – эффективная скорость осаждения  $^{131}\text{I}$  из радиоактивного облака на поверхность почвы, м сут $^{-1}$ .  $V_T = 600$  м сут $^{-1}$  для всех типов выпадений, обобщенная по всем формам (аэрозоли, элементарный йод, органические формы) [9-12].

5.3 Количество  $^{131}\text{I}$ , выпавшего на поверхность почвы и травы в день  $t$ , вычисляется следующим образом:

$$GD(t) = \sum_i \frac{\eta(t)}{\eta(t) \cdot e^{\lambda_r(t-t_0)}} \cdot GD_i \quad \text{или} \quad GD(t) = \sum_i \frac{\eta(t)}{\eta(t) \cdot e^{\lambda_r(t-t_0)}} \cdot R \cdot GD_{CS} \quad (5.3)$$

где  $GD_I$  – интегральное количество  $^{131}\text{I}$ , выпавшее на поверхность почвы и травы в НП, приведенное к 26.04.86 г., кБк м<sup>-2</sup>;

$\eta(t)$  – доля общего количества выпадений, приходящаяся на день  $t$ , сут<sup>-1</sup>;

$\lambda_r$  – постоянная радиоактивного распада  $^{131}\text{I}$ , равная 0.0862 сут<sup>-1</sup>;

$t_0 = 1$  – начало отсчета дней выпадений соответствующее 26.04.86г., сут;

$R$  – отношение интеграла выпадений йода-131 к интегралу выпадений цезия-137 для данного НП, приведенное к 26.04.86 г.;

$GD_{Cs}$  – интегральное количество  $^{137}\text{Cs}$ , выпавшее на поверхность почвы и травы в НП, приведенное к 26.04.86 г., кБк м<sup>-2</sup>.

5.4 Количество воздуха, вдыхаемого представителем возрастной группы  $a$  в момент времени  $t$ , принято постоянным в течение суток и не зависимым от типа НП, в котором проживают люди.

## 6 РАСЧЕТ ПОСТУПЛЕНИЯ ЙОДА-131В ЩЖ ПЕРОРАЛЬНЫМ ПУТЕМ

В соответствии с принятыми допущениями источниками перорального поступления йода-131 в организм представителя возрастной группы  $a$  являются: молоко (прежде всего коровье), молочные продукты и листовые овощи.

Ведущими источниками поступления  $^{131}\text{I}$  в молоко выступают свежая трава, потребляемая коровой во время выпаса, и почва, съедаемая животным вместе с травой. Другие источники поступления  $^{131}\text{I}$  в молоко незначительны. Количество  $^{131}\text{I}$ , поступившего в организм коровы с травой в момент времени  $t$ , зависит от количества съедаемого корма и его загрязненности:

$$A_{gr}(t) = C_{gr}(t) \cdot I_{gr}, \quad (6.1)$$

где  $A_{gr}(t)$  – количество  $^{131}\text{I}$ , поступившего в организм животного со свежей пастбищной травой в момент времени  $t$ , Бк сут $^{-1}$ ;

$C_{gr}(t)$  – концентрация  $^{131}\text{I}$  в свежей траве, Бк кг $^{-1}$ ;

$I_{gr}$  – количество пастбищной травы, съедаемое коровой, кг сут $^{-1}$ ;

$r$  – индекс, обозначающий принадлежность к региону.

В приложении А (таблица А.6) представлены согласно [7] центральные оценки количества свежей пастбищной травы, которое съедали коровы в разных регионах Беларуси в йодный период 1986 г.

Концентрация  $^{131}\text{I}$  в свежей пастбищной траве в условиях многократных выпадений описывается следующим выражением:

$$C_{gr}(t) = \int_{t_0}^t \frac{f_{ir}}{Y_r} \cdot GD(\tau) \cdot \exp(-\lambda_g(t-\tau)) \cdot d\tau, \quad (6.2)$$

где  $GD(\tau)$  – количество  $^{131}\text{I}$ , выпавшего на поверхность почвы и травы в день  $\tau$ , Бк м $^{-2}$  сут $^{-1}$ ;

$f_{ir}$  – коэффициент задержки  $^{131}\text{I}$  травой, отн.ед.,

$Y_r$  – урожайность свежей пастбищной травы, кг м $^{-2}$ ;

$\lambda_g$  – эффективная постоянная очистки травы от радионуклида за счет выветривания, роста травы и распада  $^{131}\text{I}$ , сут $^{-1}$ .

Оценки урожайности пастбищной травы для разных регионов Беларуси в йодный период 1986 г. представлены в приложении А (табл. А.6).

Величина  $f_{ir}$  зависит от погодных условий, типа и формы выпадений, сорбционных свойств поверхности и урожайности листовой зелени.

В то же время удовлетворительное описание данных содержания радионуклидов йода-131 в траве для чернобыльских выпадений в Беларуси дает эмпирическое выражение [12]:

$$f_{ir} = 0.7 \cdot \frac{R^{0.38}}{GD_{Cs}^{0.49}}, \quad (6.3)$$

где  $f_{ir}$  - коэффициент задержки  $^{131}\text{I}$  травой, отн.ед.;

$R$  – отношение интеграла выпадений йода-131 к интегралу выпадений цезия-137 для данного НП, приведенное к 26.04.86 г.;

$GD_{Cs}$  – интегральное количество  $^{137}\text{Cs}$ , выпавшего на поверхность почвы и травы в НП, кБк м<sup>-2</sup>.

В случаях, когда оценка коэффициента задержки выполняется для территорий с уровнем загрязнения по  $^{137}\text{Cs}$  менее 10 - 15 кБк/м<sup>2</sup>, расчетная величина может оказаться больше 1. В подобных ситуациях следует значение коэффициента задержки принять равным 1.

В случаях, когда оценка коэффициента задержки выполняется для территорий с уровнем загрязнения по  $^{137}\text{Cs}$  более 30 МБк/м<sup>2</sup>, рассчитанное значение коэффициента задержки может оказаться < 0.01. В подобных ситуациях значение коэффициента задержки следует принять равным 0.01.

Для всех регионов Беларуси величина  $\lambda_g$  принята равной 0,15 сут<sup>-1</sup>[13].

Переход  $^{131}\text{I}$  из свежей пастбищной травы в коровье молоко описывается следующим уравнением:

$$C_{mg}(t) = TF_m \cdot \int_{t'_0}^t A_{gr}(t) \cdot \lambda_b \cdot \exp(-(\lambda_b + \lambda_g) \cdot (t - \tau)) \cdot dt, \quad (6.4)$$

где  $TF_m$  - коэффициент перехода  $^{131}\text{I}$  из корма коровы в молоко, сут л<sup>-1</sup>;

$t'_0$  – время начала пастбищного сезона в НП. (Если выпас скота в НП начался до начала радиоактивных выпадений, то  $t'_0 = t_0$ ), сут;

$\lambda_b$  – биологическая постоянная полувыведения  $^{131}\text{I}$  из молока в организме коровы, сут<sup>-1</sup>.

Для всех регионов Беларуси коэффициент перехода  $^{131}\text{I}$  из корма коровы в молоко ( $TF_m$ ) принят  $3 \cdot 10^{-3}$  сут л<sup>-1</sup>, а значение  $\lambda_b = 1.0$  сут<sup>-1</sup> [13].

Вместе с пастбищной травой в организм коровы попадает почва, количество которой ( $I_{er}$ ) составляет около 1% от количества съеданной травы [7], т.е.  $I_{er} = 0.01 I_{gr}$ . Поэтому

$$A_{er}(t) = C_{er}(t) \cdot 0.01 \cdot I_{gr}, \quad (6.5)$$

где  $A_{er}(t)$  – количество  $^{131}\text{I}$ , поступившего в организм животного с почвой в момент времени  $t$ , Бк сут $^{-1}$ ;

$C_{er}(t)$  – концентрация  $^{131}\text{I}$  в почве, Бк кг $^{-1}$ .

Концентрация  $^{131}\text{I}$  в почве в момент времени  $t$  для многократных выпадений описывается следующим выражением:

$$C_{er}(t) = \int_{t_0}^t \frac{1 - f_r}{Y_e} \cdot GD(t) \cdot \exp(-\lambda_r \cdot (t - \tau)) \cdot d\tau, \quad (6.6)$$

где  $Y_e$  – масса загрязненной почвы на единицу площади пастбища, кг м $^{-2}$ .

Для всех регионов Беларуси принимается  $Y_e = 1.0$  кг м $^{-2}$ .

Переход  $^{131}\text{I}$  из почвы, съеданной коровой, в молоко описывается следующим уравнением:

$$C_{mc}(t) = TF_m \cdot \lambda_b \cdot \int_{t_0}^t A_{er}(\tau) \cdot \exp(-(\lambda_b + \lambda_r) \cdot (t - \tau)) \cdot d\tau. \quad (6.7)$$

В соответствии с уравнениями (6.4) и (6.7) переход  $^{131}\text{I}$  из свежей пастбищной травы и почвы в коровье молоко описывается так:

$$C_m(t) = C_{mg}(t) + C_{mc}(t). \quad (6.8)$$

Содержание  $^{131}\text{I}$  в зеленых листовых овощах в момент времени  $t$  определяется преимущественно прямым загрязнением листовой поверхности овощей выпадениями из проходящего радиоактивного облака. Другие пути загрязнения листовых овощей в йодный период незначительны.

Поэтому концентрация  $^{131}\text{I}$  в листовых овощах в момент времени  $t$  вследствие прямого загрязнения листовой поверхности радионуклидами описывается следующим выражением:

$$C_v(t) = \int_{t_0}^t \frac{f_{rv}}{Y_v} \cdot GD(\tau) \cdot \exp(-\lambda_v \cdot (t - \tau)) \cdot d\tau, \quad (6.9)$$

где  $f_{irv}$  - коэффициент задержки  $^{131}\text{I}$  листовыми овощами, отн. ед.;

$Y_v$  – урожайность листовых овощей, кг м<sup>-2</sup>;

$\lambda_v$  - эффективная скорость очистки листовых овощей от радионуклида за счет выветривания, роста и распада  $^{131}\text{I}$ , сут<sup>-1</sup>.

В связи с тем, что в период конец апреля – июнь 1986 г. ассортимент употребляемых листовых овощей был ограничен зеленым луком, шавелем, листовым салатом и укропом, параметры  $f_{irv}$ ,  $Y_v$ ,  $\lambda_v$  для этих культур приняты такими же, как для травы.

### 6.1 ПОСТУПЛЕНИЕ $^{131}\text{I}$ В ЩЖ С МОЛОКОМ

Для городских и сельских жителей имеются определенные различия в поступлении  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ с коровьим молоком, которые обусловлены различием источников поступления молока (частное хозяйство или торговая сеть), особенностями рационов питания. В частности, время выдержки продукции ( $TC_{ms}$ ) от момента производства до момента начала потребления оказывается разным для городских и сельских жителей. Для сельских жителей значение  $TC_{mv}$  равно 0.25 сут., а для городских  $TC_{mc}=1.5$  сут. [14]. Кроме того, загрязнение молока из частного хозяйства определяется загрязнением территории НП с его окрестностями, в пределах которых осуществляется выпас скота. Загрязнение молока из торговой сети обусловлено некоторым средним загрязнением территорий НП, которые осуществляют поставку молока на молокозавод, который в свою очередь после соответствующей переработки поставляют молоко в торговую сеть. В связи с этим при оценке поступления  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ с молоком из частного хозяйства (т.е. для сельских жителей) в расчетах по уравнениям (6.2) и (6.6) используются значения  $GD(t)$ , характеризующие данный НП, а для поступления  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ с молоком из торговой сети используются значения  $GD(t)$ , характеризующие в целом район, к которому относится город.

Поступление  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ с коровьим молоком определяется следующим выражением:

$$IF_{mas}(t) = K_b \cdot K_{po} \cdot C_m(t - TC_{ms}) \cdot e^{-\lambda \cdot TC_{ms}} \cdot V_{mas}, \quad (6.10)$$

где  $IF_{mas}(t)$  – количество  $^{131}\text{I}$ , поступившего в ЩЖ представителя возрастной группы  $a$  с коровьим молоком в момент времени  $t$ , Бк сут $^{-1}$ ;

$K_{po}$  – безразмерный коэффициент перехода  $^{131}\text{I}$  из ЖКТ в кровь;

$C_m(t - TC_{ms})$  – концентрация  $^{131}\text{I}$  в коровьем молоке в момент получения молока, Бк л $^{-1}$ ;

$V_{mas}$  – суточное потребление коровьего молока представителем возрастной группы  $a$ , л сут $^{-1}$ .

$s$  – индекс, обозначающий принадлежность к городскому или сельскому НП.

Коэффициент перехода  $^{131}\text{I}$  из ЖКТ в кровь равен 1 для всех возрастных групп [1].

## 6.2 ПОСТУПЛЕНИЕ $^{131}\text{I}$ В ЩЖ С МОЛОЧНЫМИ ПРОДУКТАМИ

Для оценки поступления  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ с молочными продуктами используется информация об активности молока, которое было использовано для производства молочных продуктов. По результатам опроса нескольких тысяч жителей зон радиоактивного загрязнения в число основных молочных продуктов, которые потребляло население Беларуси в апреле-июне 1986 г., входили молочные супы и каши, кислое молоко, простокваша, творог и мягкие сыры, кефир, сметана, сливки. Для городских и сельских жителей нет существенной разницы в поступлении  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ с молочными продуктами, которые были бы обусловлены различиями технологий получения и доставки к потребителю готовой продукции. Поэтому для городских и сельских жителей даются единые оценки времени

выдержки продукции от момента получения молока до момента начала потребления молочных продуктов ( $TC_{mp}$ ) и кулинарной подготовки ( $PF_{mp}$ ).

При оценке поступления  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ с молочными продуктами ( $C_{mp}(t)$ ) из частного хозяйства (т.е. для сельских жителей) в расчетах используются значения  $GD(t)$ , характеризующие данный НП, а для поступления  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ с молочными продуктами из торговой сети используются значения  $GD(t)$ , характеризующие в целом район, к которому относится город.

Поступление  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ с молочными продуктами определяется следующим выражением:

$$IF_{mpas}(t) = K_b \cdot K_{po} \cdot PF_{mp} \cdot C_m(t - TC_{mp}) \cdot e^{-\lambda \cdot TC_{mp}} \cdot V_{mpas}, \quad (6.11)$$

где  $IF_{mpas}(t)$  – количество  $^{131}\text{I}$ , поступившего в ЩЖ представителя возрастной группы  $a$  с молочными продуктами в момент времени  $t$ , Бк сут $^{-1}$ ;

$PF_{mp}$  – безразмерный коэффициент кулинарной обработки молочных продуктов;

$C_m(t - TC_{mp})$  – концентрация  $^{131}\text{I}$  в коровьем молоке в момент получения молока, Бк л $^{-1}$ ;

$TC_{mp}$  – время выдержки продукции от момента получения молока до момента начала потребления молочных продуктов, сут;

$V_{mpas}$  – суточное потребление молочных продуктов представителем возрастной группы  $a$ , кг сут $^{-1}$ .

Для всех регионов Беларуси принимается значение  $PF_{mp} = 0.6$ , а  $TC_{mp} = 2$  сут [14].



### 6.3 ПОСТУПЛЕНИЕ $^{131}\text{I}$ В ЩЖ С ЛИСТОВЫМИ ОВОЩАМИ

Для городских и сельских жителей имеются различия в поступлении  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ с листовыми овощами примерно такие же, как и с потреблением молока. В частности, время выдержки продукции ( $TC_{vs}$ ) от момента производства до момента потребления для сельских жителей практически равно нулю, в то время, как для городских жителей центральная оценка  $TC_{vs}$  равна одним суткам. Кулинарная обработка листовых овощей перед употреблением приводит к некоторому снижению активности  $^{131}\text{I}$  в готовом к употреблению продукте. Доля активности, остающейся после кулинарной обработки в готовом продукте, как для сельских, так и для городских жителей составляет 0.8 согласно [13].

Поступление  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ с листовыми овощами в готовом к употреблению виде описывается следующим выражением:

$$IF_{va}(t) = K_b \cdot K_{po} \cdot PF_v \cdot C_v(t - TC_{vs}) \cdot e^{-\lambda \cdot TC_{vs}} \cdot V_{va}, \quad (6.12)$$

где  $IF_{va}(t)$  – количество  $^{131}\text{I}$ , поступившего в ЩЖ представителя возрастной группы  $a$  с листовыми овощами в момент времени  $t$ , Бк сут $^{-1}$ ;

$PF_v$  – безразмерный коэффициент кулинарной обработки листовых овощей;

$C_v(t - TC_{vs})$  – концентрация  $^{131}\text{I}$  в листовых овощах в момент получения продукции, Бк кг $^{-1}$ ;

$TC_{vs}$  - время выдержки листовых овощей от момента производства до потребления, сут;

$V_{va}$  – суточное потребление листовых овощей представителем возрастной группы  $a$ , кг сут $^{-1}$ .

## 7 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ЩЖ

Оценка неопределенности результатов расчета доз облучения ЩЖ для представителей возрастных групп проводится с помощью метода Монте-Карло на основе вида функций и параметров распределения всех величин, использованных в расчетных формулах. При расчете неопределенностей должно быть разыграно не менее 1000 историй. В табл. 7.1 представлена информация, необходимая для расчета неопределенности дозовых оценок.

Таблица 7.1 Вид функций и параметров распределения величин, которые использованы в расчетных формулах

| Параметр   |                  |                                       | Центральная оценка       | Распределение |           |
|--|------------------|---------------------------------------|--------------------------|---------------|-----------|
| Описание   | Символ           | Единицы                               |                          | Тип           | Параметры |
| Суточные выпадения $^{131}\text{I}$                  | GD(t)            | кБк м <sup>-2</sup> сут <sup>-1</sup> | Вычисляется              | Логнормальное | СГО=2.1   |
| Скорость осаждения сухих выпадений                   | V <sub>T</sub>   | м/сут                                 | 600                      | Логнормальное | СГО=1.6   |
| Эффективная скорость очистки травы                   | λ <sub>g</sub>   | сут <sup>-1</sup>                     | 0.15                     | Треугольное   | 0.13–0.17 |
| Урожайность пастбищной травы                         | Y <sub>r</sub>   | кг м <sup>-2</sup>                    | Региональная зависимость | Треугольное   |           |
| Коэффициент задержки                                 | f <sub>ir</sub>  | отн.ед.                               | Региональная зависимость | Логнормальное | СГО=2.1   |
| Постоянная полураспада $^{131}\text{I}$              | λ <sub>r</sub>   | сут <sup>-1</sup>                     | 0.0862                   | нет           | константа |
| Масса загрязненной почвы на единицу площади пастбища | Y <sub>e</sub>   | кг м <sup>-2</sup>                    | 1                        | треугольное   | 0.5-1.5   |
| Время выдержки овощей                                | TC <sub>vs</sub> | сут                                   | 1 (для города)           | треугольное   | 0.5-1.5   |
| Коэффициент кулинарной обработки овощей              | PF <sub>v</sub>  | отн.ед.                               | 0.8                      | равномерное   | 0.6-1     |
| Скорость перехода йода из пищи в молоко              | λ <sub>b</sub>   | сут <sup>-1</sup>                     | 1.0                      | треугольное   | 0.7-1.4   |
| Коэффициент перехода из пищи коровы в молоко         | TF <sub>m</sub>  | сут л <sup>-1</sup>                   | 3 · 10 <sup>-3</sup>     | логнормальное | СГО=2.1   |

Продолжение таблицы 7.1

|  |                 |                                  |                          |               |                           |
|--|-----------------|----------------------------------|--------------------------|---------------|---------------------------|
| Суточное потребление травы                               | $I_{gr}$        | кг сут <sup>-1</sup>             | Региональная зависимость | равномерное   | 30 – 50                   |
| Суточное поступление почвы в организм коровы             | $I_{er_s}$      | %                                | 1                        | треугольное   | 0.2-1.8                   |
| Время выдержки частного молока                           | $TC_{mv}$       | сут                              | 0.25                     | нет           | константа                 |
| Время выдержки магазинного молока                        | $TC_{mc}$       | сут                              | 1.5                      | равномерное   | 1-2                       |
| Время выдержки молочных продуктов                        | $TC_{mp}$       | сут                              | 2                        | равномерное   | 1.5 - 3.5                 |
| Коэффициент кулинарной обработки для молочных продуктов  | $PF_{mp}$       | отн.ед.                          | 0.6                      | равномерное   | 0.4-0.9                   |
| Коэффициент перехода <sup>131</sup> I из крови в ЩЖ      | $K_b$           | отн.ед.                          | 0.3                      | треугольное   | 0.2-0.4                   |
| Коэффициент перехода <sup>131</sup> I из воздуха в кровь | $K_l$           | отн.ед.                          | 0.7                      | треугольное   | 0.5-0.9                   |
| Коэффициент перехода <sup>131</sup> I из ЖКТ в кровь     | $K_{lpo}$       | отн.ед.                          | 1                        | нет           | константа                 |
| Интенсивность дыхания                                    | $V_{ia}$        | м <sup>3</sup> сут <sup>-1</sup> | Зависит от возраста      | логнормальное | СГО = 1.4                 |
| Суточное потребление листовых овощей                     | $V_{va}$        | кг сут <sup>-1</sup>             | Зависит от возраста      | логнормальное | СГО = 1.4                 |
| Суточное потребление частного молока                     | $V_{mas}$       | л сут <sup>-1</sup>              | Зависит от возраста      | логнормальное | СГО = 1.4                 |
| Суточное потребление магазинного молока                  | $V_{mas}$       | л сут <sup>-1</sup>              | Зависит от возраста      | логнормальное | СГО = 1.4                 |
| Суточное потребление молочных продуктов                  | $V_{mpas}$      | кг сут <sup>-1</sup>             | Зависит от возраста      | логнормальное | СГО = 1.4                 |
| Эффективная постоянная полувыведения из ЩЖ               | $\lambda_{tha}$ | сут <sup>-1</sup>                | Зависит от возраста      | нормальное    | CV = 5%                   |
| Масса ЩЖ   | $m_a$           | кг                               | Зависит от возраста      | логнормальное | СГО = 1.6                 |
| Средняя энергия, поглощаемая ЩЖ на один распад           | $E$             | Дж расп <sup>-1</sup>            | $3.52 \cdot 10^{-14}$    | треугольное   | $3.2-3.84 \cdot 10^{-14}$ |

## 8 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТА ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ЩЖ

Последовательность действий при выполнении вычислений поглощенной дозы облучения ЩЖ в соответствии с настоящими МУ поясняется на следующем примере. Расчет выполняется в предположении, что жители не покидали НП в йодный период.

8.1 Требуется рассчитать поглощенную дозу ЩЖ для взрослых жителей д. Высокая Кормянского района Гомельской области. Плотность загрязнения д. Высокая цезием-137, приведенная к 26.04.86 г., составляет  $10 \text{ Ки/км}^2$ , то есть  $370 \text{ кБк/м}^2$ .

8.1.1 Исходная информация для расчета поглощенной дозы ЩЖ жителей НП, относящихся к третьему региону согласно табл. А.6. следующая:

- отношение  $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$  на 26.04.86 г.  $R = 6$ ;
- дата начала выпаса коров в 1986 г. – 1 мая;
- количество пастбищной травы, съедаемое коровой  $A_{gr} = 40 \text{ кг сут}^{-1}$ ;
- урожайность пастбищной травы  $Y_r = 0.53 \text{ кг м}^{-2}$ .

8.1.2 Суточное потребление коровьего молока выбирается из табл. А.2.

8.1.3 Выпадения  $^{131}\text{I}$  в НП начались 27 апреля 1986 г. согласно табл. А.5.

8.1.4 По формуле (6.3) вычисляется коэффициент задержки  $^{131}\text{I}$  травой  $f_{tr}$ , который равен 0.076.

8.1.5 Суточное количество выпадений  $^{131}\text{I}$  на поверхность почвы и травы определяется по формуле (5.3) с использованием данных табл. А.5:

|          |   |
|----------|---|
| 27.04.86 | $GD(2) = (0.6/1.13) \cdot 370 \cdot 6 = 1175 \text{ кБк/м}^2$   |
| 28.04.86 | $GD(3) = (0.3613/1.13) \cdot 370 \cdot 6 = 707 \text{ кБк/м}^2$ |
| 29.04.86 | $GD(4) = (0.0347/1.13) \cdot 370 \cdot 6 = 68 \text{ кБк/м}^2$  |
| 30.04.86 | $GD(5) = (0.0033/1.13) \cdot 370 \cdot 6 = 6 \text{ кБк/м}^2$   |
| 01.05.86 | $GD(6) = (0.0007/1.13) \cdot 370 \cdot 6 = 1 \text{ кБк/м}^2$   |

Для первых суток  $GD(1) = 0$  согласно табл. А.5.

8.2 Функция поступления в ЩЖ  $^{131}\text{I}$  по ингаляционному пути определяется согласно формуле (5.1) с учетом того, что эффективная скорость осаждения  $^{131}\text{I}$  из радиоактивного облака на поверхность почвы для «сухих» выпадений  $V_T = 600 \text{ м сут}^{-1}$ , безразмерный коэффициент перехода  $^{131}\text{I}$  из воздуха в кровь  $K_l = 0.7$ , безразмерный коэффициент перехода  $^{131}\text{I}$

из крови в ЩЖ  $K_b = 0.3$ , интенсивность дыхания взрослого равна  $22.22 \text{ м}^3 \text{ сут}^{-1}$  (табл. П.1):

$$IF_{ia}(t) = 0.7 \cdot 0.3 \cdot \frac{GD(t)}{600} \cdot 22.22. \quad (8.1)$$

8.3. Содержание  $^{131}\text{I}$  в молоке коровы, поступившего в организм животного со свежей пастбищной травой, вычисляется согласно формулам (6.1)-(6.4):

$$C_{gr}(t) = \frac{0.076}{0.53} \cdot \int_1^t GD(\tau) \cdot \exp(-0.15 \cdot (t - \tau)) \cdot d\tau, \quad (8.2)$$

$$A_{gr}(t) = C_{gr}(t) \cdot 40, \quad (8.3)$$

$$C_{mg}(t) = 3 \cdot 10^{-3} \cdot \int_6^t A_{gr}(\tau) \cdot 1.0 \cdot \exp(-1.0862 \cdot (t - \tau)) \cdot d\tau. \quad (8.4)$$

8.4. Содержание  $^{131}\text{I}$  в молоке коровы, поступившего в организм животного вместе с почвой, вычисляется согласно формулам (6.5)-(6.7):

$$C_{er}(t) = \frac{1 - 0.076}{1} \cdot \int_1^t GD(\tau) \cdot \exp(-0.086 \cdot (t - \tau)) \cdot d\tau, \quad (8.5)$$

$$A_{er}(t) = C_{er}(t) \cdot 0.01 \cdot 40, \quad (8.6)$$

$$C_{me}(t) = 3 \cdot 10^{-3} \cdot \int_6^t A_{er}(\tau) \cdot 1.0 \cdot \exp(-1.0862)(t - \tau) \cdot d\tau. \quad (8.7)$$

8.5. Функция поступления  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ с молоком коровы определяется согласно формуле (6.10):

$$IF_{mas}(t) = 0.3 \cdot 1 \cdot C_m(t - 0.25) \cdot \exp(-0.022) \cdot 0.5. \quad (8.8)$$

8.6. Содержание  $^{131}\text{I}$  в зеленых листовых овощах вычисляется согласно формуле (6.9):

$$C_v(t) = \frac{0.076}{0.53} \cdot \int_1^t GD(\tau) \cdot \exp(-0.15 \cdot (t - \tau)) \cdot d\tau. \quad (8.9)$$

8.7. Функция поступления  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ с листовыми овощами вычисляется согласно формуле (6.12):

$$IF_{va}(t) = 0.3 \cdot 1 \cdot 0.8 \cdot C_v(t) \cdot 0.5 \cdot 0.03. \quad (8.10)$$

8.8. Функция поступления  $^{131}\text{I}$  в ЩЖ с молочными продуктами вычисляется согласно формуле (6.11):

$$IF_{mpas}(t) = 0.3 \cdot 1 \cdot 0.6 \cdot C_m(t-2) \cdot \exp(-0.172) \cdot 0.260. \quad (8.11)$$

8.9. Доза внутреннего облучения ЩЖ йодом  $^{131}\text{I}$  определяется по формуле (4.1) за временной интервал  $\Delta T$  - 70 дней:

$$D_a = \frac{8.64 \cdot 10^4 \cdot 3.52 \cdot 10^{-14}}{20} \cdot \int_1^{70} \int_1^t (IF_{ma}(\tau) + IF_{mpas}(\tau) + IF_{va}(\tau) + IF_{ia}(\tau)) \cdot e^{-0.095 \cdot \tau} \cdot d\tau \cdot dt = 0.03 \text{ Гр} \quad (8.12)$$

Вычисление интегралов может выполняться методом Симпсона.

### **Возможные осложнения и ошибки при выполнении и пути их устранения:**

При точном соблюдении всех этапов реконструкции доз облучения щитовидной железы ошибки исключены.

### **Литература:**

1. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part I: A report of Task Group of Committee 2 of the International Commission on Radiological Protection. Publication 56/International Commission on Radiological Protection. Oxford: Pergamon Press, 1990. - 122 p.
2. Руководство по оценке доз облучения щитовидной железы при поступлении радиоактивных изотопов йода в организм человека. Энергоатомиздат. М., 1988.
3. Миненко В.Ф. Анализ результатов опроса субъектов Белорусско-Американского проекта "Исследование рака и других заболеваний ЩЖ в Беларуси после чернобыльской катастрофы". Доклад на 6 Украинско-Белорусско-Российском совещании по дозиметрии ЩЖ. Киев. 2001.
4. Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000). Минск, 2000.

5. Human respiratory tract model for radiological protection. ICRP Publication 66. // Annals of the ICRP. – Vol.24, No.1-3, 1993.
6. Махонько К.П., Козлова Е.Г., Волокитин А.А. Динамика накопления радиойода на почве и реконструкция доз от его излучения на территории, загрязненной после аварии на Чернобыльской АЭС // Радиация и риск. Москва - Обнинск, 1996. - Вып.7. - С.140 - 191.
7. Радиологические аспекты животноводства (последствия и контрмеры после катастрофы на Чернобыльской АЭС), Р.Г. Ильязов, Р.М. Александрин, Н.А.Корнеев, А.И.Сироткин и др., Под общ. ред. Р.Г. Ильязова. – Гомель: «Полеспечать», 1996. – 179 с.
8. Radionuclides transformations: Energy and intensity of emissions. ICRP Publication 38. // Annals of the ICRP. – Vols.11-13, 1983.
9. Limits for Intakes of Radionuclides by Workers. Publication 30/International Commission on Radiological Protection. Oxford: Pergamon Press, 1979.
10. Израэль Ю.А., Вакуловский С.М., Ветров В.А., Петров В.Н., Ровинский Ф.Я., Стукин Е.Д. Чернобыль: радиоактивное загрязнение природных сред. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1990.
11. BIOMOVIS. Technical report. Scenario A4. Multiple model testing using Chernobyl fallout data of I-131 in forage and milk and Cs-137 in forage, milk, beef and grain. March 1991.
12. Миненко В.Ф. Внесение изменений в методические указания «Определение поглощенных доз облучения щитовидной железы жителей населенных пунктов Республики Беларусь» Отчет о НИР.Минск. 2006.
13. Muller H.; Prohl G. ECOSYS-87: A dynamic model for assessing radiological consequences of nuclear accidents. Health Phys, 64:232-252; 1993.
14. Определение поглощенных доз облучения щитовидной железы жителей населенных пунктов Республики Беларусь. Методические указания. Минск. 2003 г.

Таблица А.1. Возрастная зависимость параметров, использованных для расчета содержания и дозы облучения йода-131 в ЩЖ

| Возраст, | Масса ЩЖ, кг 10 <sup>-3</sup> | Биологическая постоянная полувыведения <sup>131</sup> I из ЩЖ, сут <sup>-1</sup> | Интенсивность дыхания, м <sup>3</sup> сут <sup>-1</sup> |
|----------|-------------------------------|--|---|
| лет      | <i>m</i>                      | $\lambda_{th}$   | $V_{ia}$  |
| 0-1      | 1.3                           | 0.062  | 2.86  |
| 1-2      | 1.8                           | 0.046  | 5.17  |
| 2-7      | 2.3                           | 0.028  | 8.72  |
| 7-12     | 7.9                           | 0.012  | 14.2  |
| 12-17    | 12.4                          | 0.010  | 20.11   |
| более 17 | 20.0                          | 0.009  | 22.22   |

Таблица А.2. Потребление молока (л/день)

| Возраст, лет | Сельские | Городские |
|--------------|----------|-----------|
| 0-1          | 0.24     | 0.30      |
| 1-2          | 0.30     | 0.22      |
| 2-7          | 0.30     | 0.20      |
| 7-12         | 0.50     | 0.25      |
| 12-17        | 0.51     | 0.25      |
| более 17     | 0.50     | 0.20      |

Таблица А.3. Потребление молочных продуктов (г/день).

| Возраст, лет | Сельские | Городские |
|--------------|----------|-----------|
| 0-1          | 10       | 70        |
| 1-2          | 75       | 130       |
| 2-7          | 85       | 145       |
| 7-12         | 190      | 175       |
| 12-17        | 230      | 180       |
| более 17     | 260      | 180       |

Таблица А.4. Потребление листовых овощей (г/день)

| Возраст, лет | Сельские | Городские |
|--------------|----------|-----------|
| 0-1          | 0        | 0         |
| 1-2          | 3        | 3         |
| 2-7          | 6        | 7         |
| 7-12         | 20       | 18        |
| 12-17        | 28       | 25        |
| более 17     | 30       | 25        |



Таблица А.5. Динамика суточных выпадений  $^{131}\text{I}$  по регионам Беларуси

| Дата              | Ежедневная доля, $\eta(t)$ , от общего количества выпадений $^{131}\text{I}$ в регионе, сут $^{-1}$ |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                   | 1   | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
| 26 апреля 1986 г. | 1.00  | 0.1887 | 0.0000 | 0.0121 | 0.0017 | 0.0017 | 0.0020 | 0.0017 | 0.0527 | 0.0150 |
| 27 апреля         |   | 0.3723 | 0.6000 | 0.0072 | 0.2112 | 0.2112 | 0.4953 | 0.0097 | 0.4066 | 0.0017 |
| 28 апреля         |   | 0.2580 | 0.3613 | 0.6014 | 0.4124 | 0.4124 | 0.3706 | 0.3480 | 0.3153 | 0.0090 |
| 29 апреля         |   | 0.0800 | 0.0347 | 0.3400 | 0.1668 | 0.1668 | 0.0810 | 0.2903 | 0.1203 | 0.0283 |
| 30 апреля         |   | 0.0330 | 0.0033 | 0.0235 | 0.0527 | 0.0527 | 0.0183 | 0.1300 | 0.0510 | 0.2458 |
| 1 мая             |   | 0.0223 | 0.0007 | 0.0035 | 0.0524 | 0.0524 | 0.0077 | 0.0607 | 0.0170 | 0.2767 |
| 2 мая             |   | 0.0250 |        | 0.0011 | 0.0260 | 0.0260 | 0.0044 | 0.0207 | 0.0043 | 0.1299 |
| 3 мая             |   | 0.0137 |        | 0.0016 | 0.0150 | 0.0150 | 0.0028 | 0.0120 | 0.0027 | 0.0363 |
| 4 мая             |   | 0.0053 |        | 0.0012 | 0.0067 | 0.0067 | 0.0015 | 0.0080 | 0.0030 | 0.0516 |
| 5 мая             |   | 0.0017 |        | 0.0007 | 0.0057 | 0.0057 | 0.0010 | 0.0047 | 0.0017 | 0.0463 |
| 6 мая             |   |        |        | 0.0006 | 0.0057 | 0.0057 | 0.0010 | 0.0033 | 0.0005 | 0.0509 |
| 7 мая             |   |        |        | 0.0048 | 0.0297 | 0.0297 | 0.0097 | 0.0743 | 0.0167 | 0.0789 |
| 8 мая и позднее   |   |        |        | 0.0023 | 0.0140 | 0.0140 | 0.0047 | 0.0367 | 0.0083 | 0.0296 |
| Итого             | 1.00  | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 1.00   |

Таблица А.6. Параметры для расчета дозы облучения ЩЖ

| Регион | Область   | Район          | Отношение $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ на 26.04.86 | Дата начала выпаса | Количество пастбищной травы, $I_{\text{гр}}$ , кг сут $^{-1}$ | Урожайность травы, $Y_{\text{г}}$ , кг м $^{-2}$ |
|--------|-----------|----------------|--|--------------------|---|--|
| 1      | 2         | 3              | 4  | 5                  | 6   | 7  |
| 9      | БРЕСТСКАЯ | БАРАНОВИЧСКИЙ  | 13   | 29.04.86           | 40  | 0.53   |
| 9      | БРЕСТСКАЯ | БЕРЕЗОВСКИЙ    | 14   | 25.04.86           | 40  | 0.53   |
| 9      | БРЕСТСКАЯ | Г. БРЕСТ       | 14   | 25.04.86           | 40  | 0.53   |
| 9      | БРЕСТСКАЯ | БРЕСТСКИЙ      | 13   | 25.04.86           | 40  | 0.53   |
| 9      | БРЕСТСКАЯ | ГАНЦЕВИЧСКИЙ   | 15   | 25.04.86           | 40  | 0.53   |
| 9      | БРЕСТСКАЯ | ДРОГИЧИНСКИЙ   | 14   | 25.04.86           | 40  | 0.53   |
| 9      | БРЕСТСКАЯ | ЖАБИНКОВСКИЙ   | 14   | 25.04.86           | 40  | 0.53   |
| 9      | БРЕСТСКАЯ | ИВАНОВСКИЙ     | 14   | 25.04.86           | 40  | 0.53   |
| 9      | БРЕСТСКАЯ | ИВАЦЕВИЧСКИЙ   | 14   | 25.04.86           | 40  | 0.53   |
| 9      | БРЕСТСКАЯ | КАМЕНЕЦКИЙ     | 13   | 25.04.86           | 40  | 0.53   |
| 9      | БРЕСТСКАЯ | КОБРИНСКИЙ     | 14   | 25.04.86           | 40  | 0.53   |
| 7      | БРЕСТСКАЯ | ЛУНИНЕЦКИЙ     | 16   | 25.04.86           | 40  | 0.53   |
| 9      | БРЕСТСКАЯ | ЛЯХОВИЧСКИЙ    | 14   | 25.04.86           | 40  | 0.53   |
| 9      | БРЕСТСКАЯ | МАЛОРИТСКИЙ    | 13   | 25.04.86           | 40  | 0.53   |
| 7      | БРЕСТСКАЯ | ПИНСКИЙ        | 15   | 25.04.86           | 40  | 0.53   |
| 9      | БРЕСТСКАЯ | ПРУЖАНСКИЙ     | 14   | 25.04.86           | 40  | 0.53   |
| 7      | БРЕСТСКАЯ | СТОЛИНСКИЙ     | 15   | 25.04.86           | 40  | 0.53   |
| 10     | ВИТЕБСКАЯ | БЕШЕНКОВИЧСКИЙ | 10   | 05.05.86           | 40  | 0.4  |
| 10     | ВИТЕБСКАЯ | БРАСЛАВСКИЙ    | 10   | 05.05.86           | 40  | 0.4  |
| 10     | ВИТЕБСКАЯ | ВЕРХНЕДВИНСКИЙ | 10   | 05.05.86           | 40  | 0.4  |
| 10     | ВИТЕБСКАЯ | Г. ВИТЕБСК     | 10   | 05.05.86           | 40  | 0.4  |
| 10     | ВИТЕБСКАЯ | ВИТЕБСКИЙ      | 10   | 05.05.86           | 40  | 0.4  |
| 10     | ВИТЕБСКАЯ | ГЛУБОКСКИЙ     | 10   | 05.05.86           | 40  | 0.4  |

Продолжение таблицы А.6

| 1  | 2           | 3                  | 4  | 5        | 6  | 7    |
|----|-------------|--------------------|----|----------|----|------|
| 10 | ВИТЕБСКАЯ   | ГОРОДОКСКИЙ        | 10 | 05.05.86 | 40 | 0.4  |
| 10 | ВИТЕБСКАЯ   | ДОКШИЦКИЙ          | 10 | 05.05.86 | 40 | 0.4  |
| 10 | ВИТЕБСКАЯ   | ДУБРОВЕНСКИЙ       | 10 | 05.05.86 | 40 | 0.4  |
| 10 | ВИТЕБСКАЯ   | ЛЕПЕЛЬСКИЙ         | 10 | 05.05.86 | 40 | 0.4  |
| 10 | ВИТЕБСКАЯ   | ЛИОЗНЕНСКИЙ        | 10 | 05.05.86 | 40 | 0.4  |
| 10 | ВИТЕБСКАЯ   | МИОРСКИЙ           | 10 | 05.05.86 | 40 | 0.4  |
| 10 | ВИТЕБСКАЯ   | ОРШАНСКИЙ          | 10 | 05.05.86 | 40 | 0.4  |
| 10 | ВИТЕБСКАЯ   | ПОЛОЦКИЙ           | 10 | 05.05.86 | 40 | 0.4  |
| 10 | ВИТЕБСКАЯ   | ПОСТАВСКИЙ         | 10 | 05.05.86 | 40 | 0.4  |
| 10 | ВИТЕБСКАЯ   | РОССОНСКИЙ         | 10 | 05.05.86 | 40 | 0.4  |
| 10 | ВИТЕБСКАЯ   | СЕННЕНСКИЙ         | 10 | 05.05.86 | 40 | 0.4  |
| 10 | ВИТЕБСКАЯ   | ТОЛОЧИСКИЙ         | 10 | 05.05.86 | 40 | 0.4  |
| 10 | ВИТЕБСКАЯ   | УШАЧСКИЙ           | 10 | 05.05.86 | 40 | 0.4  |
| 10 | ВИТЕБСКАЯ   | ЧАШНИКСКИЙ         | 10 | 05.05.86 | 40 | 0.4  |
| 10 | ВИТЕБСКАЯ   | ШАРКОВЩИНСКИЙ      | 10 | 05.05.86 | 40 | 0.4  |
| 10 | ВИТЕБСКАЯ   | ШУМИЛИНСКИЙ        | 10 | 05.05.86 | 40 | 0.4  |
| 2  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | БРАГИНСКИЙ         | 12 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 1  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | БРАГИНСКИЙ (30-км) | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 3  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ   | 7  | 27.04.86 | 40 | 0.53 |
| 3  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | ВЕТКОВСКИЙ         | 8  | 28.04.86 | 40 | 0.53 |
| 4  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | Г. ГОМЕЛЬ          | 7  | 28.04.86 | 40 | 0.53 |
| 5  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | ГОМЕЛЬСКИЙ         | 7  | 27.04.86 | 40 | 0.53 |
| 3  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | ДОБРУШСКИЙ         | 8  | 27.04.86 | 40 | 0.53 |
| 2  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | ЕЛЬСКИЙ            | 7  | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 5  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | ЖИТКОВИЧСКИЙ       | 16 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 5  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | ЖЛОБИСКИЙ          | 13 | 28.04.86 | 40 | 0.53 |
| 2  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | КАЛИНКОВИЧСКИЙ     | 12 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 3  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | КОРМЯНСКИЙ         | 6  | 01.05.86 | 40 | 0.53 |
| 2  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | ЛЕЛЬЧИЦКИЙ         | 11 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 2  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | ЛОЕВСКИЙ           | 26 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 2  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | МОЗЫРСКИЙ          | 7  | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 2  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | НАРОВЛЯНСКИЙ       | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 1  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | НАРОВЛЯНСК.(30-км) | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 5  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | ОКТЯБРЬСКИЙ        | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 5  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | ПЕТРИКОВСКИЙ       | 16 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 2  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | РЕЧИЦКИЙ           | 27 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 5  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | РОГАЧЕВСКИЙ        | 12 | 29.04.86 | 40 | 0.53 |
| 5  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | СВЕТЛОГОРСКИЙ      | 15 | 28.04.86 | 40 | 0.53 |
| 1  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | ХОЙНИКСКИЙ (30-км) | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 2  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | ХОЙНИКСКИЙ         | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 3  | ГОМЕЛЬСКАЯ  | ЧЕЧЕРСКИЙ          | 6  | 30.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9  | ГРОДНЕНСКАЯ | БЕРЕСТОВИЦКИЙ      | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9  | ГРОДНЕНСКАЯ | ВОЛКОВЫССКИЙ       | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9  | ГРОДНЕНСКАЯ | ВОРОНОВСКИЙ        | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9  | ГРОДНЕНСКАЯ | ГРОДНЕНСКИЙ        | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9  | ГРОДНЕНСКАЯ | Г. ГРОДНО          | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9  | ГРОДНЕНСКАЯ | ДЯТЛОВСКИЙ         | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9  | ГРОДНЕНСКАЯ | ЗЕЛЬВЕНСКИЙ        | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9  | ГРОДНЕНСКАЯ | ИВЬЕВСКИЙ          | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9  | ГРОДНЕНСКАЯ | КОРЕЛИЧСКИЙ        | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9  | ГРОДНЕНСКАЯ | ЛИДСКИЙ            | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9  | ГРОДНЕНСКАЯ | МОСТОВСКИЙ         | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9  | ГРОДНЕНСКАЯ | НОВОГРУДСКИЙ       | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |

Продолжение таблицы А.6

| 1 | 2           | 3              | 4  | 5        | 6  | 7    |
|---|-------------|----------------|----|----------|----|------|
| 9 | ГРОДНЕНСКАЯ | ОСТРОВЕЦКИЙ    | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9 | ГРОДНЕНСКАЯ | ОШМЯНСКИЙ      | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9 | ГРОДНЕНСКАЯ | СВИСЛОЧСКИЙ    | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9 | ГРОДНЕНСКАЯ | СЛОНИМСКИЙ     | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9 | ГРОДНЕНСКАЯ | СМОРГОНСКИЙ    | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9 | ГРОДНЕНСКАЯ | ЩУЧИНСКИЙ      | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.5  |
| 8 | МИНСК       | Г. МИНСК       | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.45 |
| 9 | МИНСКАЯ     | БЕРЕЗИНСКИЙ    | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.45 |
| 9 | МИНСКАЯ     | БОРИСОВСКИЙ    | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.45 |
| 9 | МИНСКАЯ     | ВИЛЕЙСКИЙ      | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.45 |
| 9 | МИНСКАЯ     | ВОЛОЖИНСКИЙ    | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.45 |
| 9 | МИНСКАЯ     | ДЗЕРЖИНСКИЙ    | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.45 |
| 9 | МИНСКАЯ     | КЛЕЦКИЙ        | 14 | 30.04.86 | 40 | 0.45 |
| 9 | МИНСКАЯ     | КОПЫЛЬСКИЙ     | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.45 |
| 9 | МИНСКАЯ     | КРУПСКИЙ       | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.45 |
| 9 | МИНСКАЯ     | ЛОГОЙСКИЙ      | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.45 |
| 9 | МИНСКАЯ     | ЛЮБАНСКИЙ      | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.45 |
| 9 | МИНСКАЯ     | МИНСКИЙ        | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.45 |
| 9 | МИНСКАЯ     | МОЛОДЕЧНЕНСКИЙ | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.45 |
| 9 | МИНСКАЯ     | МЯДЕЛЬСКИЙ     | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.5  |
| 9 | МИНСКАЯ     | НЕСВИЖСКИЙ     | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9 | МИНСКАЯ     | ПУХОВИЧСКИЙ    | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9 | МИНСКАЯ     | СЛУЦКИЙ        | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9 | МИНСКАЯ     | СМОЛЕВИЧСКИЙ   | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.5  |
| 9 | МИНСКАЯ     | СОЛИГОРСКИЙ    | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9 | МИНСКАЯ     | СТАРОДОРОЖСКИЙ | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.53 |
| 9 | МИНСКАЯ     | СТОЛЬЦОВСКИЙ   | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.5  |
| 9 | МИНСКАЯ     | УЗДЕНСКИЙ      | 14 | 25.04.86 | 40 | 0.5  |
| 9 | МИНСКАЯ     | ЧЕРВЕНСКИЙ     | 15 | 25.04.86 | 40 | 0.5  |
| 5 | МОГИЛЕВСКАЯ | БЕЛЫНИЧСКИЙ    | 15 | 03.05.86 | 40 | 0.45 |
| 5 | МОГИЛЕВСКАЯ | БОБРУЙСКИЙ     | 15 | 29.04.86 | 40 | 0.45 |
| 3 | МОГИЛЕВСКАЯ | БЫХОВСКИЙ      | 11 | 01.05.86 | 40 | 0.45 |
| 5 | МОГИЛЕВСКАЯ | ГЛУССКИЙ       | 8  | 28.04.86 | 40 | 0.45 |
| 5 | МОГИЛЕВСКАЯ | ГОРЕЦКИЙ       | 7  | 04.05.86 | 40 | 0.45 |
| 5 | МОГИЛЕВСКАЯ | ДРИБИНСКИЙ     | 7  | 04.05.86 | 40 | 0.45 |
| 5 | МОГИЛЕВСКАЯ | КИРОВСКИЙ      | 16 | 30.04.86 | 40 | 0.45 |
| 5 | МОГИЛЕВСКАЯ | КЛИМОВИЧСКИЙ   | 4  | 01.05.86 | 40 | 0.45 |
| 5 | МОГИЛЕВСКАЯ | КЛИЧЕВСКИЙ     | 16 | 01.05.86 | 40 | 0.45 |
| 5 | МОГИЛЕВСКАЯ | КОСТЮКОВИЧСКИЙ | 6  | 02.05.86 | 40 | 0.45 |
| 3 | МОГИЛЕВСКАЯ | КРАСНОПОЛЬСКИЙ | 8  | 01.05.86 | 40 | 0.45 |
| 5 | МОГИЛЕВСКАЯ | КРИЧЕВСКИЙ     | 13 | 03.05.86 | 40 | 0.45 |
| 5 | МОГИЛЕВСКАЯ | КРУГЛЯНСКИЙ    | 15 | 04.05.86 | 40 | 0.45 |
| 6 | МОГИЛЕВСКАЯ | Г. МОГИЛЕВ     | 8  | 03.05.86 | 40 | 0.45 |
| 5 | МОГИЛЕВСКАЯ | МОГИЛЕВСКИЙ    | 10 | 03.05.86 | 40 | 0.45 |
| 5 | МОГИЛЕВСКАЯ | МСТИСЛАВСКИЙ   | 10 | 03.05.86 | 40 | 0.45 |
| 5 | МОГИЛЕВСКАЯ | ОСИПОВИЧСКИЙ   | 15 | 30.04.86 | 40 | 0.45 |
| 3 | МОГИЛЕВСКАЯ | СЛАВГОРОДСКИЙ  | 6  | 01.05.86 | 40 | 0.45 |
| 5 | МОГИЛЕВСКАЯ | ХОТИМСКИЙ      | 15 | 02.05.86 | 40 | 0.45 |
| 5 | МОГИЛЕВСКАЯ | ЧАУССКИЙ       | 7  | 02.05.86 | 40 | 0.45 |
| 3 | МОГИЛЕВСКАЯ | ЧЕРИКОВСКИЙ    | 5  | 04.05.86 | 40 | 0.45 |
| 5 | МОГИЛЕВСКАЯ | ШКЛОВСКИЙ      | 8  | 04.05.86 | 40 | 0.45 |