

## Содержание радиоактивных веществ в грибах и растениях

В.А. Ключев

Учреждение образования «Витебский государственный университет  
имени П.М. Машерова»

Лесные ягоды и грибы в отличие от таких продуктов, как хлеб, молоко и мясо, лишены строгого контроля по содержанию радионуклидов. Овощные культуры занимают около 40% во всем рационе питания белорусов. Овощи являются важным звеном пищевой цепи при поступлении радиоактивных веществ в организм человека.

Цель исследования – оценка содержания радионуклидов в грибах и растениях Витебского района.

**Материал и методы.** Для оценки концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в грибах, дикорастущих ягодах и овощных культурах применялись методы спектрометрии. Измерение содержания уровня цезия-137 в грибной и растительной продукции проводилось на приборе Атомтех гамма-радиометр РКГ – АТ 1320 А. Единицей измерения данного радионуклида является Беккерель на килограмм (Бк/кг).

Республиканские допустимые уровни (РДУ-99) концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в грибах составляют 370 Бк/кг. Данные уровни содержания цезия в дикорастущих ягодах и овощных культурах 185 и 100 Бк/кг соответственно.

**Результаты и их обсуждение.** Уровень концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в грибах варьирует от 58,0 до 71,4 Бк/кг. Повышенное содержание цезия-137 характерно для таких грибов, как масленок и груздь.

Концентрация данного радионуклида в лесных ягодах колеблется от 54,3 до 63,3 Бк/кг. К ягодам с повышенным содержанием цезия-137 относятся клюква и черника.

Уровень концентрации обозначенного радионуклида в овощных культурах варьирует от 1,12 до 6,50 Бк/кг. К овощам с повышенным содержанием  $^{137}\text{Cs}$  относятся свекла, редис, капуста, морковь, картофель.

**Заключение.** Уровни содержания цезия-137 в грибах, лесных ягодах и овощах Витебского района соответствуют РДУ-99. Это связано с тем, что после Чернобыльской катастрофы территория Витебской области оказалась менее загрязненной цезием-137 в отличие от других областей Беларуси.

**Ключевые слова:** цезий-137, грибы, ягоды, овощи.

## Content of Radioactive Substances in Mushrooms and Plants

V.A. Klyuev

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

Forest berries and mushrooms unlike products such as bread, milk and meat are deprived of strict control over the content of radionuclides. Vegetable take about 40% of the total diet of Belarusians. Vegetables are an important link in the food chain when radioactive substances enter the human body.

The purpose of the research is to assess the content of radionuclides in mushrooms and plants of Vitebsk Region.

**Material and methods.** Spectrometry methods were used to estimate  $^{137}\text{Cs}$  concentration in mushrooms, wild berries and vegetables. Measurement of the content of caesium-137 level in mushroom and plant products was carried out on the device Atomtech gamma-radiometer RKG-at 1320 A. The unit of measurement of this radionuclide is Becquerel per kilogram (Bq/kg).

The republican admissible levels (RAL-99) of  $^{137}\text{Cs}$  concentration in mushrooms are 370 Bq/kg. This level of cesium in wild berries and vegetables are 185 and 100 Bq/kg, respectively.

**Findings and their discussion.** The concentration level of  $^{137}\text{Cs}$  in mushrooms varies from 58,0 to 71,4 Bq/kg. The high content of caesium-137 is typical of such mushrooms as *suillus* and *Lactarius*.

The concentration of this radionuclide in forest berries ranges from 54,3 to 63,3 Bq/kg. The berries with a high content of cesium-137 include cranberries and bilberries.

The concentration level of this radionuclide in vegetable crops varies from 1,12 to 6,50 Bq/kg. The vegetables with a high content of  $^{137}\text{Cs}$  include beets, radishes, cabbage, carrots, potatoes.

**Conclusion.** Levels of cesium-137 in mushrooms, berries and vegetables of Vitebsk Region correspond to RAL-99. This is due to the fact that after the Chernobyl disaster Vitebsk Region was less polluted with cesium-137 in contrast to other Regions of Belarus.

**Key words:** cesium-137, mushrooms, berries, vegetables.

После катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции зона радиоактивного загрязнения в Республике Беларусь охватила 26% лесного фонда. Основной вклад в радиоактивное загрязнение территории страны внес радиоактивный элемент цезий-137. В меньшей степени Республика Беларусь была загрязнена таким радионуклидом, как стронций-90 [1; 2]. Кроме того, на ее территории функционирует более 30 объектов, использующих в хозяйственной деятельности различные радиоактивные вещества. К данным объектам относятся предприятия фармацевтической промышленности, центры стандартизации и метрологии, водогрязелечебницы и т.д. [3; 4].

Прежде чем попасть в организм человека, радионуклиды проходят по сложным пищевым цепочкам в окружающей среде. В общем цикле круговорота радиоактивных веществ в окружающей среде важным является звено почва–растения. Оседая на почву под воздействием ряда факторов (осадки, гравитация, турбулентность), радионуклиды мигрируют в ней.

Важным свойством почвы является емкость поглощения радиоизотопов. Высокой поглотительной способностью обладают черноземы и глинистые почвы. Сорбционная способность данных почв обусловлена наличием гумуса. Дерново-подзолистые и песчаные почвы обладают значительно меньшей поглотительной способностью [5].

Из почвы радионуклиды транспортируются в растения через корневую систему. Как правило, радиоизотопы поступают в корневую систему растений аналогично стабильным изотопам тех же элементов. Радиоактивные вещества из песчаных легких почв поступают в растения значительно легче, чем из тяжелых глинистых почв. Поступление из почвы в растение характерно лишь для тех радиоактивных веществ, которые растворяются в воде. К таким веществам относят, прежде всего, цезий-137.

Различные растения поглощают радиоактивные вещества по-разному. Большое значение имеет уровень содержания цезия-137 и стронция-90 в грибах, ягодах и овощных культурах.

В зависимости от накопления цезия-137 грибы делят на 4 группы:

- слабонакапливающие (строчок, опенок осенний);
- средненакапливающие (подберезовик, лисичка, шампиньон);
- сильнонакапливающие (рыжик, груздь черный, сыроежки);
- аккумуляторы (масленок, моховик) [6].

Уровень содержания  $^{137}\text{Cs}$  в ягодах несколько меньше, чем в грибах. По содержанию цезия-137 лесные ягоды располагаются в убывающем порядке: клюква – черника – голубика – малина – земляника. Уровень содержания радиоактивных веществ в ягодах определяется глубиной расположения корневой системы данных растений. Это характерно и для грибов. Наибольшее содержание  $^{137}\text{Cs}$  отмечается в тех ягодах, корневая система которых расположена в верхнем слое почвы. Это связано с тем, что радионуклиды оседают в верхних слоях почвы и их миграция в глубь почвы происходит крайне медленно.

Установлено, что в овощах накапливается цезия значительно меньше, чем в ягодах и грибах. По накоплению вышеуказанного радиоактивного вещества овощные культуры в порядке убывания располагаются следующим образом: сладкий перец, капуста, картофель, свекла, редис, морковь, огурцы, помидоры [7].

Важным показателем воздействия радиоактивных веществ на организм человека является период полураспада ( $T_{1/2}$ ). Период полураспада стронция-90 составляет 29 лет.  $T_{1/2}$   $^{137}\text{Cs}$  – 30 лет. Полный распад вышеуказанных радиоактивных веществ около 300 лет [8; 9].

Результатом воздействия радиоактивных излучений на организм человека являются различные онкологические и генетические заболевания. Выделяют онкологию кожи, костей, половых желез, крови и т.п. Генетические заболевания обусловлены возникновением различных видов мутаций. Выделяют мутации генные, хромосомные и геномные. Последний вид мутаций характеризуется изменением количества хромосом [10].

Продукты ежедневного потребления, такие как хлеб, молоко, мясо, проходят строгий контроль по содержанию радионуклидов. В то же время лесные грибы и ягоды вышеуказанного контроля в большинстве случаев лишены. Около 40% во всем рационе питания белорусов занимают овощи. Овощные культуры накапливают радиоактивные вещества и являются важным звеном в пищевой цепи поступления данных веществ в организм человека.

Цель исследования – оценка содержания цезия-137 и стронция-90 в грибах и растениях Витебского района.

**Материал и методы.** Материалом исследования явились грибы, дикорастущие ягоды, овощные культуры и картофель, произрастающие на территории Витебского района. Для определения содержания  $^{137}\text{Cs}$  были отобраны такие грибы, как масленок, груздь, лисичка, подберезовик, подосиновик, опенок и шампиньон.

Уровень содержания вышеуказанного радионуклида устанавливали в следующих ягодах: клюква, черника, голубика, малина, земляника.

При выявлении цезия-137 и стронция-90 были отобраны овощные культуры: свекла, редис, капуста, морковь, перец сладкий, огурец, помидор и кабачок.

Для оценки концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в грибах и растениях применялись методы спектрометрии. Измерение содержания уровня цезия-137 и стронция-90 в овощных культурах, ягодах, грибах и картофеле проводилось на приборе Атомтех гамма-радиометр РКГ – АТ 1320 А. Единицей измерения вышеуказанных радионуклидов является Беккерель на килограмм (Бк/кг), то есть один распад ядра радиоактивного вещества в секунду на единицу массы исследуемого продукта.

Исследования на содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в грибах и растениях Витебского района были проведены в 2012–2013 гг.

Математическая обработка полученных результатов осуществлялась с использованием пакета статистических программ Microsoft Excel 2003.

При анализе содержания радионуклидов в грибной и растительной продукции использовались Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99). Данные уровни утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 26 апреля 1999 г. № 16. Республиканские допустимые уровни концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в грибах – 370 Бк/кг. В картофеле вышеобозначенные уровни составляют 80 Бк/кг. Республиканские допустимые уровни содержания цезия в дикорастущих ягодах и овощных культурах 185 и 100 Бк/кг соответственно (табл. 1).

Таблица 1

**Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 в грибах и растениях**

Наименование продукта	РДУ содержания $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг
Грибы	370
Дикорастущие ягоды	185
Овощи	100
Картофель	80

РДУ концентрации стронция-90 в картофеле и овощных культурах составляют 3,7 Бк/кг.

**Результаты и их обсуждение.** На территории Витебского района содержание  $^{137}\text{Cs}$  в грибах не превышает республиканские допустимые уровни. Наряду с этим показатель концентрации данного радионуклида в грибах варьирует от 58,0 до 71,4 Бк/кг. Повышенный уровень содержания цезия-137 характерен для грибов-аккумуляторов (маслята) и грибов сильнонакапливающей группы (грузди). Вышеуказанный уровень составляет 71,4 Бк/кг и 64,9 Бк/кг соответственно. Пониженное содержание  $^{137}\text{Cs}$  выявлено в грибах слабо- и средне-накапливающей групп. К вышеуказанным грибам относятся: лисичка – 64,1 Бк/кг, подберезовик – 61,0 Бк/кг, подосиновик – 60,4 Бк/кг, опенок – 59,5 Бк/кг, шампиньон – 58,0 Бк/кг (табл. 2).

Таблица 2

**Содержание цезия-137 в грибах на 2012 год**

Название гриба	Уровень содержания $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг
Масленок	71,4
Груздь	64,9
Лисичка	64,1
Подберезовик	61,0
Подосиновик	60,4
Опенок	59,5
Шампиньон	58,0

В дикорастущих ягодах Витебского района показатели содержания  $^{137}\text{Cs}$  соответствуют республиканским допустимым уровням. Концентрация вышеобозначенного радионуклида в лесных ягодах колеблется от 54,3 до 63,3 Бк/кг. Повышенное содержание цезия-137 наблюдается в таких ягодах, как клюква и черника (63,3 Бк/кг и 62,5 Бк/кг соответственно). К дикорастущим ягодам, содержащим небольшое количество данного вещества, относятся: голубика – 58,1 Бк/кг, малина – 55,6 Бк/кг и земляника – 54,3 Бк/кг (табл. 3).

Таблица 3

**Содержание цезия-137 в дикорастущих ягодах на 2012 год**

Название ягоды	Уровень содержания $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг
Клюква	63,3
Черника	62,5
Голубика	58,1
Малина	55,6
Земляника	54,3

На территории Витебского района показатели содержания  $^{137}\text{Cs}$  в овощных культурах не превышают республиканские допустимые уровни. Несмотря на это, концентрация данного радионуклида в овощных культурах варьирует от 1,12 до 6,50 Бк/кг. К овощам с повышенным уровнем содержания цезия-137 относятся: свекла – 6,50(±3,88) Бк/кг, редис – 6,49(±3,88) Бк/кг, капуста – 6,20(±3,23) Бк/кг, морковь – 5,42(±3,14) Бк/кг. Пониженное содержание вышеуказанного вещества отмечается в следующих овощных культурах: перец сладкий – 1,35(±2,43) Бк/кг, огурец – 1,15(±2,15) Бк/кг, помидор – 1,14(±2,14) Бк/кг, кабачок – 1,12(±2,12) Бк/кг (табл. 4).

Таблица 4

**Содержание цезия-137 в овощных культурах Витебского района на 2013 год**

Овощная культура	Уровень содержания $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг
Свекла	6,50±3,88
Редис	6,49±3,88
Капуста	6,20±3,23
Морковь	5,42±3,14
Перец сладкий	1,35±2,43
Огурец	1,15±2,15
Помидор	1,14±2,14
Кабачок	1,12±2,12

В картофеле наблюдается повышенный уровень концентрации цезия-137. Данный уровень – 5,39(±3,12) Бк/кг.

Показатель содержания  $^{137}\text{Cs}$  в грибах и растениях колеблется в значительных пределах и составляет 3,67–62,8 Бк/кг. Повышенный уровень концентрации вышеобозначенного радиоактивного вещества наблюдается в грибах и дикорастущих ягодах. Данный уровень составляет 62,8 Бк/кг и 58,8 Бк/кг соответственно. Пониженное содержание цезия-137 отмечается в картофеле – 5,39 Бк/кг и овощных культурах – 3,67 Бк/кг (табл. 5).

Таблица 5

**Концентрация цезия-137 в грибах и растениях**

Наименование продукта	Показатель концентрации $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг
Грибы	62,8
Дикорастущие ягоды	58,8
Картофель	5,39
Овощи	3,67

В овощных культурах Витебского района содержание стронция-90 соответствует республиканским допустимым уровням. Концентрация вышеуказанного радиоактивного вещества в овощах колеблется от 0,11 до 0,44 Бк/кг. Повышенный уровень содержания  $^{90}\text{Sr}$  выявлен в таких овощных культурах, как свекла и редис. Данный уровень составляет 0,44(±0,07) Бк/кг и 0,42(±0,07) Бк/кг соответственно. Пониженное содержание стронция-90 отмечается в следующих овощах: капуста – 0,33(±0,06) Бк/кг, морковь – 0,29(±0,04) Бк/кг, перец сладкий – 0,16(±0,02) Бк/кг, огурец – 0,11(±0,01) Бк/кг, помидор – 0,11(±0,01) Бк/кг, кабачок – 0,09(±0,01) Бк/кг (табл. 6).

Таблица 6

**Содержание стронция-90 в овощных культурах Витебского района**

Овощная культура	Уровень содержания $^{90}\text{Sr}$ , Бк/кг
Свекла	0,44±0,07
Редис	0,42±0,07
Капуста	0,33±0,06
Морковь	0,29±0,04
Перец сладкий	0,16±0,02
Огурец	0,11±0,01
Помидор	0,11±0,01
Кабачок	0,09±0,01

Повышенная концентрация  $^{90}\text{Sr}$  наблюдается в картофеле – 0,28 Бк/кг. Пониженный уровень содержания данного радиоактивного вещества выявлен в овощах – 0,24 Бк/кг.

**Заключение.** Таким образом, показатели содержания цезия-137 и стронция-90 в грибах, ягодах, овощных культурах и картофеле Витебского района соответствуют республиканским допустимым уровням. Это связано с тем, что после Чернобыльской катастрофы территория Витебской области оказалась менее загрязненной вышеобозначенными радионуклидами в отличие от других областей Беларуси. Кроме того, активность  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  снижается с течением времени в связи с распадом ядер атомов данных веществ.

Уровень концентрации цезия-137 в грибах колеблется от 58,0 до 71,4 Бк/кг. Показатель содержания данного радионуклида в ягодах составляет 54,3–63,3 Бк/кг. Уровень концентрации цезия-137 в овощных культурах варьирует от 58,0 до 71,4 Бк/кг. Содержание вышеуказанного радиоактивного вещества в картофеле составляет 5,39 Бк/кг. Показатель содержания стронция-90 в овощных культурах колеблется от 0,11 до 0,44 Бк/кг. Уровень концентрации данного радиоактивного вещества в картофеле составляет 0,28 Бк/кг.

Повышенный уровень содержания цезия-137 наблюдается в грибах – 62,8 Бк/кг и дикорастущих ягодах – 58,8 Бк/кг. Пониженная концентрация вышеобозначенного радионуклида отмечается в картофеле и овощных культурах. Данная концентрация составляет 5,39 Бк/кг и 3,67 Бк/кг соответственно. Высокие показатели накопления  $^{137}\text{Cs}$  грибами обусловлены биологическими особенностями данных организмов. Грибы обладают способностью интенсивно поглощать соединения цезия из почвы.

Повышенное содержание стронция-90 наблюдается в картофеле. Оно составляет 0,28 Бк/кг. Пониженный уровень концентрации вышеуказанного радиоактивного вещества выявлен в овощах – 0,24 Бк/кг.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дорожко, С.В. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность: учеб. пособие: в 3 ч. / С.В. Дорожко. – Минск: Дикта, 2006. – Ч. 3. – 307 с.
2. Кенигсберг, Я.Э. Радиационная защита населения Беларуси после Чернобыльской катастрофы / Я.Э. Кенигсберг, Н.Н. Цыбулько // Радиационная гигиена. – 2014. – № 2. – С. 15-20.

3. Защита населения и хозяйственных объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность: учеб.-метод. комплекс для студентов / сост. В.А. Цибулько, Т.В. Дайлид. – Минск: Изд-во МИУ, 2006. – 240 с.
4. Борчук, Н.И. Медицина экстремальных ситуаций: учеб. пособие / Н.И. Борчук. – Минск: Высшая школа, 1998. – 240 с.
5. Саечников, В.А. Основы радиационной безопасности: учеб. пособие / В.А. Саечников, В.М. Зеленкевич. – Минск: БГУ, 2002. – 183 с.
6. Хлопцев, А.Ф. Радиационная безопасность / А.Ф. Хлопцев, О.А. Щигельский. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2003. – 119 с.
7. Постник, М.И. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях: учебник / М.И. Постник. – Минск: Высшая школа, 2003. – 398 с.
8. Галицкий, Э.А. Основы радиационной безопасности: учеб. пособие / Э.А. Галицкий, В.К. Пестис, Н.Н. Забелин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Гродно: Гродн. гос. ун-т, 2005. – 244 с.
9. Стожаров, А.Н. Радиационная медицина: учеб. пособие / А.Н. Стожаров, Л.А. Квиткевич, Г.А. Солодкая. – Минск: МГМИ, 2000. – 154 с.
10. Мархоцкий, Я.Л. Основы радиационной безопасности населения: учеб. пособие / Я.Л. Мархоцкий. – Минск: Высшая школа, 2011. – 224 с.

REFERENCES

1. Dorozhko S.V. *Zashchita naseleniya i khozyaystvennykh obyektov v chrezvychaynykh situatsiyakh. Radiatsionnaya bezopasnost: Uchebnoye posobiye* [Protection of the Population and Economic Objects in Emergency Situations. Radiation safety. Manual], Minsk, Dikta, 2006, 3, 307 p.
2. Koenigsberg Ya.E., Tsybulko N.N. *Radiatsionnaya gigiyena* [Radiation Hygiene], 2014, 2, pp. 15–20.
3. Tsybulko V.A., Dylid T.V. *Zashchita naseleniya i obyektov ot chrezvychaynykh situatsii. Radiatsionnaya bezopasnost: Ucheb.-metod. kompleks* [Protection of the Population and Objects from Emergency Situations. Radiation safety: Academic and Methods Complex], Minsk, Izd-vo MIM, 2006, 240 p.
4. Borchuk N.I. *Meditsina ekstremalnykh situatsii: Uchebnoye posobiye* [Medicine of Emergency Situations. Manual], Minsk, Vysheishaya shkola, 1998, 240 p.
5. Sayechnikov V.A., Zelenkevich V.M. *Osnovy radiatsionnoi bezopasnosti: Uchebnoye posobiye* [Basics of Radiation Safety. Manual], Minsk, BGU, 2002, 183 p.
6. Khloptsev A.F., Shchigelski O.A. *Radiatsionnaya bezopasnost* [Radiation Safety], Vitebsk, Izd-vo UO «VGU im. P.M. Masherova», 2003, 119 p.
7. Postnik M.I. *Zashchita naseleniya i khozyaystvennykh obyektov v chrezvychaynykh situatsiyakh: Uchebnik* [Protection of the Population and Economic Objects in Emergency Situations. Manual], Minsk, Vysheishaya shkola, 2003, 398 p.
8. Galitsky E.A., Pestis V.K., Zabelin N.N. *Osnovy radiatsionnoi bezopasnosti: Uchebnoye posobiye* [Basics of Radiation Safety. Manual], Grodno, Grodno University, 2005, 244 p.
9. Stozharov A.N., Kvitkevich L.A., Solodkaya G.A. *Radiatsionnaya meditsina: Uchebnoye posobiye* [Radiation Medicine. Manual], Minsk, MGMI, 2000, 154 p.
10. Markhotsky Ya.L. *Osnovy radiatsionnoi bezopasnosti naseleniya: Uchebnoye posobiye* [Basics of Radiation Safety of the Population. Manual], Minsk, Vysheishaya shkola, 2011, 224 p.

Поступила в редакцию 20.06.2018

Адрес для корреспонденции: e-mail: vova.klyuev.74.74@mail.ru – Ключев В.А.