

2. Болтянська Н.І., Маніта І. Ю. Інноваційний розвиток техніки для молочного скотарства. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 2. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tst/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-2.pdf>

3. Uskenov R. Reduced energy resources in pork production. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі. Мат. І Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 155–158. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tst/wp-content/uploads/sites/6/materialy-1-mnpk-tehnichne-zabezpechennja-innovacijnyh-tehnolohij-v-ahropromyslovomu-kompleksi-m.-melitopol-01-24.04.2020.pdf>

4. Podashevskaya H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Минск: БГАТУ, 2020. С. 519–522.

5. Izdebski W. The need to improve pig feeding options. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі. Мат. І Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 136–139. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tst/wp-content/uploads/sites/6/materialy-1-mnpk-tehnichne-zabezpechennja-innovacijnyh-tehnolohij-v-ahropromyslovomu-kompleksi-m.-melitopol-01-24.04.2020.pdf>

6. Podashevskaya H., Manita I. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine. Інженерія природокористування. Харків: ХНУСГ, 2020. №2(16). С. 33–37.

7. Podashevskaya H., Manita I. Selection of optimal modes of heat treatment of grain. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі. Мат. ІІ Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 20–24. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tst/wp-content/uploads/sites/6/materialy-2-mnpk-tehnichne-zabezpechennja-innovacijnyh-tehnolohij-v-ahropromyslovomu-kompleksi-m.-melitopol-02-27.11.2020.pdf>

**УДК 614.876 (476)**

**В.Л. Гурачевский**, *канд. физ.-мат. наук, доцент,  
Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск*

## **ДИНАМИКА ЧЕРНОБЫЛЬСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ (1986–2020 ГОДЫ) И ВОПРОСЫ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ**

**Ключевые слова:** чернобыльская авария, доза облучения, плотность загрязнения, радионуклиды, цезий-137, стронций-90, изотопы плутония-238,239,240,241, америций-241, радиационная защита населения.

**Key words:** Chernobyl accident, radiation dose, pollution density, radionuclides, caesium-137, strontium-90, plutonium isotopes-238,239,240,241, americium-241, radiation protection of the population.

**Аннотация:** обсуждаются: динамика (1986–2020 годы) чернобыльского загрязнения территории Беларуси наиболее значимыми долгоживущими радионуклидами: цезий-137, стронций-90, плутоний-238,239,240,241, вторичное загрязнение территорий америцием-241, и вопросы радиационной защиты населения.

**Abstract:** the article discusses the dynamics (1986–2020) of Chernobyl contamination of the territory of Belarus with the most significant long-lived radionuclides: caesium-137, strontium-90, plutonium-238,239,240,241, secondary contamination of territories with americium-241, and issues of radiation protection of the population.

В [1] утверждается, что основными дозообразующими радионуклидами чернобыльского происхождения для населения Беларуси являются цезий-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ), стронций-90 ( $^{90}\text{Sr}$ ) и группа трансурановых (ТУ) радионуклидов: плутоний-238,239,240,241 ( $^{238,239,240,241}\text{Pu}$ ), а также америций-241 ( $^{241}\text{Am}$ ). Воздействие этих радионуклидов на население будет продолжаться еще многие десятилетия. Как отмечалось в [2], медицинские эффекты облучения долгоживущими радионуклидами изучены мало. По этой причине в мировой практике сложился достаточно жесткий подход к ограничению облучения, дополнительного к естественному и искусственному радиационному фону, в том числе к облучению чернобыльскими радионуклидами.

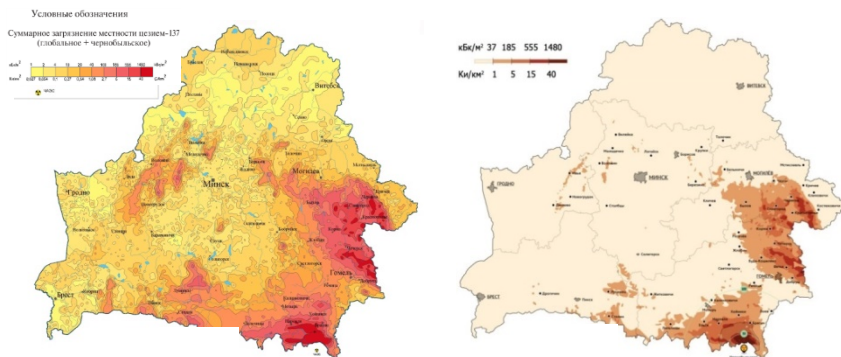
В Беларуси, согласно международным нормам, законодательно установлено предельно допустимое значение среднегодовой эффективной дозы (СГЭД) облучения населения чернобыльскими радионуклидами, составляющее  $1 \text{ мЗв}$ . Рассмотрим динамику загрязнения территории Беларуси указанными радионуклидами за период 1986–2020 годы.

### 1. Загрязнение $^{137}\text{Cs}$

Период полураспада ( $T_{1/2}$ ) этого радионуклида составляет 30 лет. Он испытывает бета-распад (энергии переходов  $1,17 \text{ МэВ}$  и  $0,51 \text{ МэВ}$ ) с сопутствующим гамма-излучением ( $0,66 \text{ МэВ}$ ).

По данным на **1986** год превышение плотности загрязнения цезием-137 величины  $37 \text{ кБк/м}^2$  ( $1 \text{ Ки/км}^2$ ), а это пороговая величина для отнесения территории к зоне радиоактивного загрязнения (см. табл. 1 ниже), было установлено для **23 %** территории республики (рис. 1а). В качестве сравнения, аналогичная доля для Украины составляла 7 %, для европейской части России – 1,5 %. В результате естественного распада и других процессов площадь радиоактивного загрязнения постепенно уменьшается.

По состоянию на 2016 год [3] она составляла 13,4 % от общей площади республики (рис. 1б).



**Рисунок 1. Загрязнение территории Беларуси цезием-137 в 1986 (а) и 2016 (б) годах**

В 2021 году организациям и учреждениям стала доступна новая карта радиоактивного загрязнения Беларуси. В подстрочном комментарии к ней указано, что тиражирование и использование содержания карты для издания других произведений (карт) допускается с разрешения... (далее список – примеч. автора). Видимо, по этой причине карта не представлена в новом Национальном докладе Республики Беларусь [4], как это делалось в предыдущих докладах к годовщинам чернобыльской аварии [5,6].

*Для справки:* Согласно статье 74-2 «Ограничение доступа к экологической информации» Закона Республики Беларусь Об охране окружающей среды «... не допускается ограничение доступа к экологической информации:

о состоянии окружающей среды или причиненном ей вреде;

о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сбросах сточных вод в водные объекты с превышением нормативов в области охраны окружающей среды или в отсутствие таких нормативов, если их установление требуется законодательством;

о сбросах в водный объект химических и иных веществ, их смесей, предметов или отходов;

о внесении химических и иных веществ в землю (почву), приведшем к ухудшению ее качества или качества подземных вод;

об ионизирующем и электромагнитном излучении, шумовом или ином физическом воздействии с превышением нормативов в области охраны окружающей среды или в отсутствие таких нормативов, если их установление требуется законодательством».

С учетом сказанного автор вправе поделиться лишь своими впечатлениями о карте 2020 года. Что касается загрязнения цезием-137, то конту-

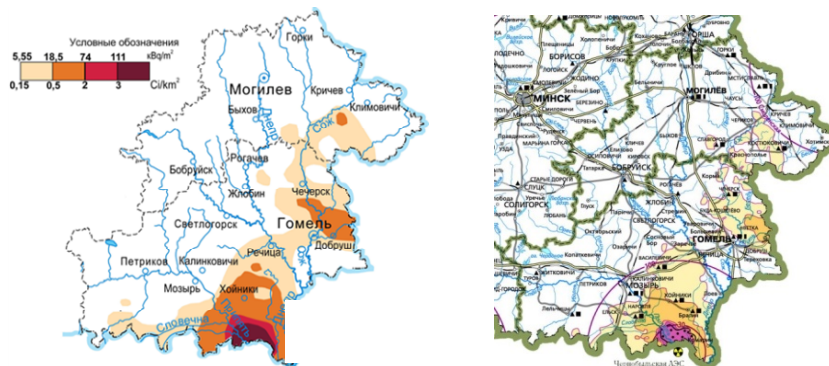
ры зон на карте **2016** года (рис. 1б) и карте **2020** года почти совпадают, а доля загрязненных земель в общей территории Беларуси, снизилась до **12,3 %**, что соответствует несложному подсчету на основании закона радиоактивного распада.

Отметим, что цезий-137 относительно равномерно распределяется в организме человека, поэтому его относят к радионуклидам умеренной токсичности. Период полувыведения  $Cs^{137}$  из организма человека по данным Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) составляет 70 суток.

## 2. Загрязнение стронцием-90

Для этого радионуклида  $T_{1/2}$  составляет 29 лет.  $^{90}Sr$  испытывает бета-распад (энергия перехода  $0,55 \text{ МэВ}$ ), превращаясь в дочерний продукт – иттрий-90 ( $^{90}Y$ ). Последний является короткоживущим радионуклидом ( $T_{1/2} = 64 \text{ час}$ ) и, в свою очередь, испытывает бета-распад ( $2,28 \text{ МэВ}$ ), после чего образуется стабильный нуклид цирконий-90.

В **1986** году превышение загрязнения почвы стронцием-90 порогового значения  $5,55 \text{ кБк/м}^2$  или  $0,15 \text{ Ки/км}^2$  (табл. 1 ниже) было обнаружено на **10 %** территории республики (рис. 2а). В силу меньшей, чем у  $^{137}Cs$  летучести, загрязнение  $^{90}Sr$  носит более локальный характер и сосредоточено преимущественно в Гомельской и Могилевской областях (небольшие «пятна» есть и в Брестской области). По состоянию на **2016** год [3] доля загрязненной  $^{90}Sr$  территории Беларуси вне зоны эвакуации составляла **5,3 %** (рис. 2 б).



**Рисунок 2. Загрязнение территории Беларуси стронцием-90 в 1986 (а) и 2016 (б) годах**

Контуры зон загрязнения  $^{90}Sr$  на карте **2006** года (рис. 2) и карте **2020** года почти совпадают, а доля загрязненных земель в общей территории Беларуси, в соответствии с несложным подсчетом, снизилась до **4,1 %**.

**Замечание.** На картах 2016 [3] и 2020 года одновременно представлено загрязнение стронцием и трансурановыми (ТУ) радионуклидами, что затрудняет анализ информации. Большинство специалистов считает, что загрязнение стронцием «охватывает» загрязнение ТУ. В свою очередь, практически все территории, загрязненные стронцием-90, одновременно загрязнены и цезием-137. Динамика загрязнения ТУ будет рассмотрена ниже.

Стронций-90 относится к группе радионуклидов высокой токсичности. Находясь в одном столбце периодической системы с кальцием, стронций обладает похожими свойствами. Поэтому при попадании в организм  $^{90}\text{Sr}$  избирательно **накапливается** в костной ткани, облучая орган кроветворения – красный костный мозг. Период его полувыведения из организма человека в различных источниках оценивается разными значениями, большинство из которых превышает 15 лет.

Суммируя сказанное, можно подтвердить давно предсказанный вывод о том, что **площади территорий, загрязненные цезием-137 и стронцием-90 закономерно, но медленно снижаются**. При этом часть населенных пунктов, относящихся к сильно загрязненным, оказывается в менее опасных условиях. Совершенно иная ситуация складывается при анализе загрязнения ТУ радионуклидами.

### 3. Загрязнение альфа излучающими радионуклидами плутония $^{238,239,240}\text{Pu}$

В атомном реакторе под действием потока нейтронов возникают не только осколки деления ядер урана (такие как  $\text{Cs}^{137}$  и  $^{90}\text{Sr}$ ), но и ядра более тяжелых – трансурановых элементов. В их числе четыре радионуклида плутония, с массовыми числами 238, 239, 240 и 241.

Первые три из них являются источниками альфа-излучения, значительно более опасного, чем бета или гамма. Плутоний-241 испытывает бета-распад и в первые годы после аварии его опасность представлялась низкой. Расчеты показывали, что активность плутония-241 за пределами зоны эвакуации соизмерима с активностью естественного бета-излучающего радионуклида калий-40, потому загрязнение  $^{241}\text{Pu}$  не учитывалось при составлении карт и отнесении территорий к зонам радиоактивного загрязнения. Роль  $^{241}\text{Pu}$  в общей картине загрязнения будет рассмотрена в следующем разделе.

ТУ радионуклиды  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ , имеют большие и очень большие периоды полураспада, составляющие, соответственно, 87, 24110, 6560 лет. Отметим, что энергия испускаемого ими альфа-излучения высока (в пределах 5-6 МэВ), и что все дочерние продукты их распада (уран-234, 235, 236) также являются источниками альфа-излучения.

Изотопы плутония обладают невысокой летучестью, основная их часть выпала в пределах зоны, из которой сразу после аварии было эвакуировано население. Карта загрязнения территорий без учета

плутония-241 представлена на рис. 3 [5]. Эти территории находятся преимущественно в Гомельской области (Брагинский, Наровлянский, Хойникский, Речицкий, Добрушский и Лоевский районы) и Чериковском районе Могилевской области. Наиболее высокие уровни загрязнения наблюдаются в т.н. 30-километровой зоне ЧАЭС (зоне отчуждения), в частности, в Хойникском районе – свыше  $111 \text{ кБк/м}^2$ .

При зонировании территорий, согласно действующему с 1991 года законодательству, учитывается загрязнение только радионуклидами плутония-238, 239, 240. При этом в качестве порога при отнесении территории к зоне загрязнения была установлена величина  $0,37 \text{ кБк/м}^2$  или  $0,01 \text{ Ки/км}^2$  (табл. 1 ниже). Свыше этой величины оказалось загрязнено  $4,0 \text{ тыс. км}^2$ , или почти 2 % площади республики [5].

Внешнее облучение от ТУ радионуклидов не может нанести большого вреда вследствие очень низкой проникающей способности альфа-излучения. Однако они чрезвычайно опасны при внутреннем облучении, относясь к группе радионуклидов особо высокой токсичности. Накапливаются трансурановые элементы преимущественно в костной ткани, печени, почках. Период их полувыведения из организма составляет десятки лет. Очень опасны эти радионуклиды при поступлении через легкие.

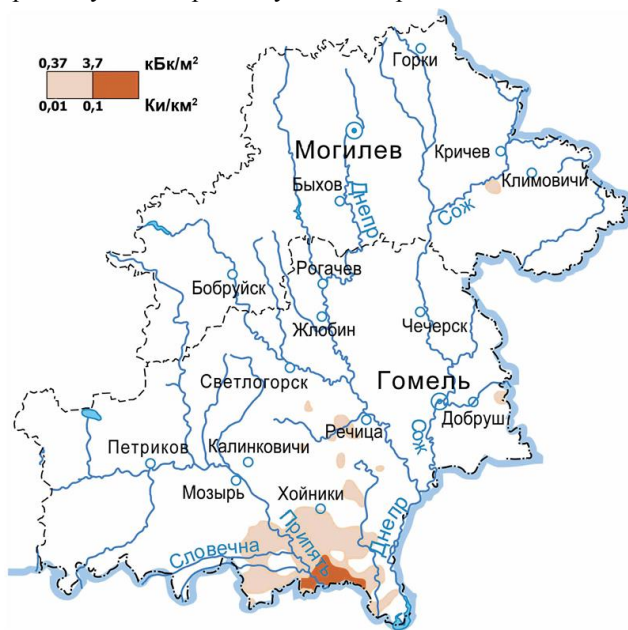


Рисунок 3. Загрязнение территории Беларуси радионуклидами плутоний-238, 239, 240

Представленная на рисунке карта вплоть до 2016 года многократно воспроизводилась в Национальных докладах Республики Беларусь и почти адекватно отображает загрязнение радионуклидами плутония-238, 239, 240 на текущий момент. Дело в том, что в силу больших значений  $T_{1/2}$  за прошедшие после аварии 35 лет успела испытать распад мизерная доля радионуклидов  $^{239,240}\text{Pu}$ , и около 24%  $^{238}\text{Pu}$ . Однако, наряду с распадом этих радионуклидов происходит рост содержания  $^{241}\text{Am}$  (см. раздел 4).

В 2016 году карта загрязнения ТУ была совмещена с картой загрязнения стронцием-90 (рис. 2б), При этом загрязнение изотопами плутония Pu-238, 239, 240 (черные точки на карте) отражено для территорий с плотностью загрязнения выше  $0,1 \text{ Ки/км}^2$ . В то же время, согласно действующему законодательству, загрязненными считаются территории с плотностью загрязнения свыше  $0,01 \text{ Ки/км}^2$ , то есть значительно большие по площади. Близкая к истинной картина загрязнения этими радионуклидами, как отмечено выше, представлена на рис. 3. На карте 2020 года загрязнение ТУ вообще не отображено.

Рассмотрение карт 2016 и 2020 года наводят на мысль, что загрязнение ТУ радионуклидами сосредоточено в пределах зоны эвакуации (отчуждения). Но это не соответствует действительности, что следует из сравнения рисунков 2б и 3. Отметим, что периоды полураспада представленных ТУ элементов значительно превышают временной интервал между датами составления соответствующих карт, поэтому расхождение не может быть объяснено распадом радионуклидов.

Кроме того, в самом же источнике [3] отмечается, что в 2016 году площадь загрязнения ТУ радионуклидами за пределами зоны эвакуации (отчуждения) составляет 1,3 % площади территории республики. С учетом того что после аварии было загрязнено 2 % территории республики, загрязненная территория в зоне эвакуации составляет 0,7 % площади республики. Таким образом, официально утверждается, что площадь загрязнения ТУ элементами за пределами зоны эвакуации почти в 2 раза больше размеров этой зоны!

#### 4. Загрязнение америцием-241

Выше отмечалось, что изначально карты загрязнения  $^{241}\text{Pu}$  не строились, и этот радионуклид не учитывали при зонировании территорий. Однако, испытывая бета-распад с  $T_{1/2} = 14$  лет, плутоний-241 превращается в альфа-излучающий америций-241. С момента аварии прошло около 2,5 двух полураспада. Нетрудно подсчитать, что в наши дни более 80 %  $^{241}\text{Pu}$  превратилось в  $^{241}\text{Am}$ . Таким образом, к числу альфа-излучающих трансурановых радионуклидов кроме плутония-238, 239, 240 следует отнести и америций-241, имеющий период полураспада 430 лет. Возникает ситуация, которую ученые называют *проблемой америция*.

В текущий момент активность америция-241 более чем в полтора раза превышает суммарную активность всех альфа-излучающих изотопов плутония-238, 239, 240 [2]. В связи с этим ученые говорят о вторичном чернобыльском загрязнении.

Проблема америция неоднократно поднималась в Национальных докладах Республики Беларусь. Так, в [5, 6] отмечалось, что согласно прогнозам, к 2058 году удельная активность америция превысит суммарную активность всех изотопов плутония в 1,8 раза. В [5] отмечается, что почвенное содержание америция в мобильных и биологически доступных формах выше, чем плутония. Согласно [6], учет америция-241 ведет к увеличению числа населенных пунктов, относящихся к загрязненным. В последних же официальных изданиях [3, 4] новой информации по этим вопросам не представлено.

На рис. 4 представлена прогнозная карта загрязнения америцием-241 Полеского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ), из российско-беларуского атласа [7]. Прогноз составлен на 2056 год, но в силу того, что после аварии прошло 2,5 периода полупревращения плутония-241 в америций, текущая ситуация практически идентична представленной. На карте видно, что загрязнение выше допустимого уровня  $0,01 \text{ Ки/км}^2$  выходит за пределы ПГРЭЗ. Более полная картина загрязнения этим радионуклидом соответствует рис. 3, при этом размеры «пятен» уже увеличились, потому что там, где присутствуют изотопы плутония, находится и  $\text{Pu}^{241}$ , а значит обязательно возникает америций, причем в нарастающих количествах.

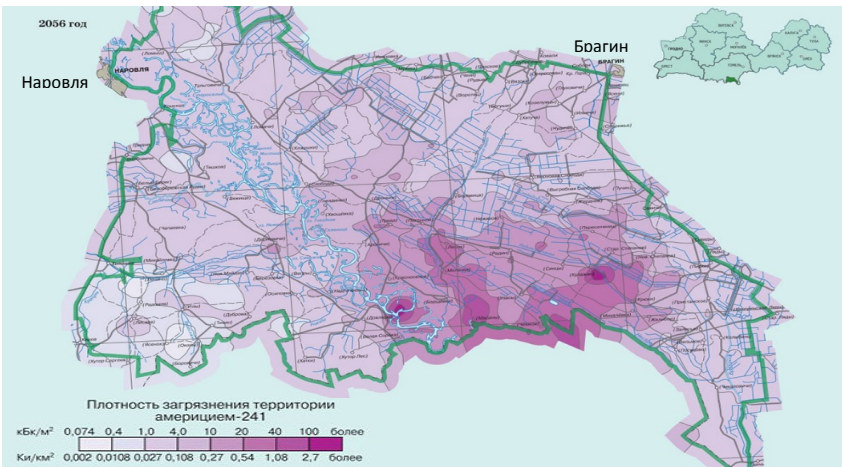


Рис. 4. Прогноз загрязнения америцием-241 ПГРЭЗ на 2056 год



Как и изотопы плутония, америций-241 относится к радионуклидам особо высокой токсичности и накапливается в костной системе, печени, почках. Период его полувыведения из организма – десятки лет.

Отметим, что указанная проблема имеет место для территорий, прилегающих к зоне отчуждения. Их доля в общей площади республики мала. Соответственно невелик и вклад америция-241 в **коллективную дозу** облучения жителей Беларуси. По этой причине отдельные специалисты высказываются, что облучение ТУ радионуклидами вносит совершенно незначительный вклад в суммарную дозу облучения по сравнению с облучением за счет Cs<sup>137</sup> и Sr<sup>90</sup>. Однако это неверно для жителей районов, прилегающих к зоне отчуждения. Напомним, что ТУ радионуклиды обладают очень высокими значениями периодов полувыведения и аккумулируются в организме людей. Поэтому среднегодовая доза внутреннего облучения в последующие годы раз за разом увеличивается.

### **5. Карты загрязнения и вопросы радиационной защиты населения**

Важно отметить, что карты радиоактивного загрязнения – упрощенный способ представления информации о радиационной обстановке в местах проживания людей. По мнению автора, в силу своей наглядности он важен для оценки ситуации в целом республике, или отдельным регионам, и особенно – для населения. Отмеченные выше особенности последних карт противоречат научным фактам, действующим нормативным правовым документам в области экологической безопасности, и фактически приводят к дезинформации населения в плане загрязнения ТУ радионуклидами.

Сказывается ли это на практическом решении вопросов радиационной защиты населения? Вкратце рассмотрим два основных действующих механизма такой защиты.

**Зонирование территорий.** Законом Республики Беларусь «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС» установлено *зонирование*, то есть отнесение территорий и населенных пунктов к одной из зон радиоактивного загрязнения, что определяет уровень финансирования мероприятий по радиационной, социальной и медицинской защите населения. Решение об отнесении к определенной зоне принимается в зависимости не только от среднегодовой эффективной дозы облучения, но и в случаях превышения порогового уровня хотя бы одной из величин: плотность загрязнения цезием, стронцием и изотопами плутония-238, 239, 240.

В упрощенном виде алгоритм зонирования представлен в таблице 1.

Пороговые значения для разных радионуклидов зависят от их токсичности. Напомним, что самой высокой токсичностью обладают ТУ радионуклиды, промежуточной – стронций-90, а наименьшей – цезий-137.

**Таблица 1. Зонирование территории Беларуси в зависимости от уровней радиоактивного загрязнения и среднегодовой эффективной дозы**

Наименование зоны	Эффективная доза, мЗв/год	Плотность загрязнения, кБк/м <sup>2</sup> (Ки/км <sup>2</sup> )		
		<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	238, 239, 240 Pu
с периодическим радиационным контролем	<1	37–185 (1-5)	5,55–18,5 (0,15-0,5)	0,37–0,74 (0,01-0,02)
с правом на отселение	1 – 5	185–555 (5-15)	18,5–74 (0,5-2)	0,74–1,85 (0,02-0,05)
последующего отселения	> 5	555–1480 (15-40)	74–111 (2-3)	1,85–3,7 (0,05-0,1)
первоочередного отселения	> 5	> 1480 (>40)	> 111(>3)	> 3,7(>0,1)
эвакуации (отчуждения)	территория, с которой было эвакуировано население			

С точки зрения радиационной медицины ущерб человеку от облучения определяется значением СГЭД. Однако нахождение этого значения, особенно для множества конкретных населенных пунктов, является непростой задачей. СГЭД складывается из значений годовых эффективных доз *внешнего* и *внутреннего* облучения. Относительно просто определяется значение годовой дозы внешнего облучения. Это осуществляется мониторинговыми измерениями мощности эффективной дозы облучения обычными дозиметрами с последующим усреднением по исследуемой территории и интегрированием за год.

Доза внутреннего облучения находится значительно сложнее. Для этого необходимо определить рацион питания человека и содержание конкретных радионуклидов в продуктах питания, составляющих рацион. С учетом того, что это нужно проделать для множества людей населенного пункта, используются выборочные данные, а конечный результат страдает значительной неопределенностью. Более точные, причем индивидуализированные результаты можно получить с использованием счетчиков (спектрометров) излучения человека (СИЧ). Массовый выпуск СИЧ налажен отечественным предприятием АТОМТЕХ, однако эти приборы в основном поставляются на экспорт. Кроме того, выпускаемые СИЧ позволяют определять дозу внутреннего облучения только цезием-137. Отметим, что существуют и «стронциевые» СИЧ, однако они очень сложны, поэтому в мире используются считанные единицы таких приборов (один из них создан в АТОМТЕХ для Беларуси).

**Радиационный контроль продуктов питания и сырья.** Известно, что в текущее время основным механизмом облучения населения является внутреннее облучение людей за счет поступления радионуклидов с продуктами питания. В ряде источников отмечается, что доза внутреннего облучения в среднем по республике составляет около 90 % СГЭД.

С целью минимизации внутреннего облучения законодательно установлены республиканские нормы (предельные значения) для содержания радионуклидов цезия и стронция в продуктах питания и питьевой воде РДУ-99 [8]. Нормы установлены таким образом, чтобы для усредненного рациона питания человека гарантированно обеспечивалось не превышение годового предела эффективной дозы (1 мЗв).

Соблюдение норм обеспечивается радиационным контролем продуктов питания и воды. В республике действует мощная система такого контроля. В нее входит около 800 подразделений радиационного контроля (около 500 в системе МСХиП). Они созданы на всех предприятиях, производящих пищевую продукцию, крупных рынках. В результате можно утверждать, что вся реализуемая в торговой сети пищевая продукция удовлетворяет требованиям РДУ.

Однако жители сельских населенных пунктов в зонах радиоактивного загрязнения широко используют в пищу «дары леса» – такие как ягоды, грибы, а также продукцию подсобных хозяйств, рыбу из загрязненных водоемов. В результате многие жители, прежде всего из т.н. «критических» групп населения, поучают СГЭД, превышающую 1 мЗв/год. При этом вклад в дозу от самых опасных ТУ радионуклидов может быть значителен.

Таким образом, для таких групп населения в ряде населенных пунктах требования радиационной защиты нарушаются, как из-за отсутствия радиационного контроля продукции, так и вследствие недоучета в критериях зонирования америция-241. Подчеркнем, что действующие нормативные уровни установлены только для  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , но не для ТУ радионуклидов.

По результатам работы можно сделать следующие выводы и предложения.

Площади территорий Беларуси, загрязненных цезием-137 и стронцием-90 закономерно снижаются.

Начиная с 2016 года, карты радиоактивного загрязнения Беларуси ТУ радионуклидами не соответствуют ранее опубликованным научным фактам.

Недооценивается вклад америция-241 в загрязнение ТУ радионуклидами, приводящий к разрастанию зон загрязнения.

1. Ввиду трудоемкости и высокой стоимости оборудования для традиционных методов измерения содержания радионуклидов целесообразно и реально выполнимо организовать разработку и выпуск относительно недорогих приборов для экспресс-анализа содержания америция в пробах (используя гамма-излучение, сопутствующее альфа-распаду америция-241). Все возможности для решения такой задачи есть у отечественных предприятий, выпускающих приборы радиационного контроля, в том числе у предприятия АТОМТЕХ.

2. Наличие таких приборов позволит с небольшими затратами получить реальные карты загрязнения Беларуси ТУ радионуклидами. Эти же приборы можно эффективно использовать и в задачах радиационного контроля пищевой продукции на содержание ТУ радионуклидов, особенно в районах, прилегающих к зоне отчуждения.

3. Целесообразно обсудить возможность создания СИЧ для ТУ радионуклидов на основе регистрации гамма-излучения от америция-241.

4. По мнению автора, нуждается в корректировке Закон Республики Беларусь «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС» с целью учесть при зонировании загрязнение не только изотопами <sup>238, 239, 240</sup>Pu, но и америцием-24.

#### **Список использованной литературы**

1. Последствия облучения для здоровья человека в результате чернобыльской аварии. Научное приложение D к докладу НКДАР Генеральной Ассамблеи ООН 2008 года. ООН. – Нью-Йорк. 2012. – 173 с.

2. Последствия чернобыльской аварии в Беларуси и их преодоление. / В.Л. Гурачевский. – Минск : БГАТУ, 2017. – 68 с.

3. 30 лет чернобыльской аварии: итоги и перспективы преодоления ее последствий. Национальный доклад Республики Беларусь. Минск : Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. 2016. – 116 с.

4. 35 лет после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления ее последствий. Национальный доклад Республики Беларусь / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС МЧС Республики Беларусь. – Минск : ИВЦ Минфина, 2020. – 152 с.

5. 20 лет после чернобыльской катастрофы. Последствия в Республике Беларусь и их преодоление. Национальный доклад. / под ред. Шевчука В.Е., Гурачевского В.Л. – Минск : Беларусь, 2006. – 112 с.

6. 15 лет после чернобыльской катастрофы: последствия в Республике Беларусь и их преодоление. Национальный доклад. / под ред. Шевчука В.Е., Гурачевского В.Л. Минск : «Триолета», 2001. – 118 с.

7. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на ЧАЭС на пострадавших территориях России и Беларуси. – Фонд «Инфосфера» – НИА «Природа». – Минск, 2009. – 140 с.

8. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия и стронция в пищевых продуктах и питьевой воде ГН 10-117-99.

**УДК 338.439.053**

**И.А. Войтко**, канд. экон. наук, доцент,

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск*

### **ВНУТРЕННЯЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ ПОМОЩЬ КАК МЕРА ПОДДЕРЖКИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, аграрная политика, внутренняя поддержка, внутренняя продовольственная помощь, субсидия