

вания во время беременности на основании ранних клинических признаков и в послеродовом периоде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Туберкулез и гендер. [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. — Режим доступа: http://www.who.int/tb/challenges/gender/page_1/ru/. — Дата доступа: 02.06.2017.
2. Sugarman, J. Tuberculosis in pregnancy: an estimate of the global burden of disease [Electronic resource] / J. Sugarman, C. Colvin, A. Moran // The Lancet. — 2014. — Vol. 2, №. 12. —

Mode of access: [http://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X\(14\)70330-4/fulltext](http://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X(14)70330-4/fulltext). — Date of access: 02.06.2017.

3. Гомельский городской центр гигиены и эпидемиологии [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gomelgce.by/?page_id=73. — Дата доступа: 02.06.2017.

4. Горбач, Л. А. Особенности заболевания и качество жизни женщин больных туберкулезом органов / Л. А. Горбач, И. И. Солонко // Белорусский медицинский журнал. — 2008. — № 1. — С. 43–46.

5. Туберкулез легких у женщин репродуктивного возраста / К. С. Игембаева [и др.] // Наука и здравоохранение. — 2014. — № 3. — С. 74–75.

Поступила 12.06.2017

УДК 614.876

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОСТУПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРИЗЕМНЫЙ СЛОЙ АТМОСФЕРЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ УНОСА ЗОЛЫ ИЗ БЫТОВЫХ ПЕЧЕЙ

В. Н. Бортновский¹, К. Н. Бuzдалкин²

¹Гомельский государственный медицинский университет

²Полесский государственный радиационно-экологический заповедник

Цель: оценить максимально возможные концентрации радионуклидов в зоне дыхания и ожидаемые ингаляционные дозы облучения сельских жителей в случае использования в качестве топлива древесины, заготовленной на территории радиоактивного загрязнения.

Материалы и методы. Были использованы данные Института радиологии о загрязнении золы радионуклидами. В ходе исследования применялось математическое моделирование.

Результаты. Ожидаемые годовые дозы облучения жителей населённых пунктов, расположенных у границы Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, от ингаляции с печным дымом ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs, могут достигать 0,27 мЗв. Основной вклад (96 %) в ожидаемую дозу облучения населения, обусловленную ингаляционным поступлением радионуклидов с печным дымом, вносит ⁹⁰Sr (при отсутствии трансураниевых элементов).

Заключение. Годовая ожидаемая доза облучения от ингаляционного поступления радионуклидов с дымом печных труб на порядок выше, чем от пожаров на территории зоны отчуждения. Абсолютные значения доз от данного пути облучения не превышают установленного законодательством годового предела облучения (1 мЗв) и могут достигать уровней, сравнимых с дозами внешнего облучения от чернобыльских выпадений.

Ключевые слова: радионуклид, ингаляция, древесина, топливо, Чернобыльская АЭС.

THE HYGIENIC ASSESSMENT OF RADIONUCLIDE RELEASE INTO THE SURFACE LAYER OF THE ATMOSPHERE AS A RESULT OF LOSS OF FLY-ASH FROM HOUSEHOLD FURNACES

V. N. Bortnovsky¹, K. N. Buzdalkin²

¹Gomel State Medical University

²Polessky State Radiation Ecological Reserve

Objective: to evaluate the maximum possible concentrations of radionuclides in the breathing area and the expected inhaled doses of irradiation of rural residents in case when timber harvested in the area of radioactive contamination is used as fuel.

Material and methods: The data of the Institute of Radiology on the contamination of the area with radionuclides were used. Mathematical modeling was applied during the study.

Results. The expected annual irradiation doses of the population of settlements situated by the border of the Polessky State Radiation Ecological Reserve due to the inhalation of ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs with furnace smoke can reach up to 0.27 mSv. The main contribution (96 %) of the expected radiation dose of the population due to stove smoke is made by ⁹⁰Sr (in the absence of trans-uranium elements).

Conclusion. The expected annual irradiation dose from the inhalation way of radionuclide release with the fly-ash from furnace smokes is much higher than from fires in the Chernobyl exclusion zone. The absolute values of the doses from this irradiation way do not exceed the legally established exposure limit (1 mSv per year) and are comparable with the external doses from the Chernobyl fallout.

Key words: radionuclide, inhalation, wood, fuel, Chernobyl NPP.

Введение

На территории радиоактивного загрязнения продолжают широко использовать мест-

ную древесину для производства тепловой энергии как в частном, так и общественном секторе, несмотря на газификацию и установку

электрических котлов, проводимых в рамках государственных программ по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС. Соответственно продолжают поступать в приземный слой атмосферы и радионуклиды, содержащиеся в биотопливе. Наиболее высокие объемные концентрации ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{238,239,240}\text{Pu}$ и ^{241}Am в зоне дыхания образуются вблизи домов усадебного типа при неблагоприятных категориях устойчивости атмосферы ввиду полного отсутствия фильтрующих устройств в частном секторе и малых высот дымовых труб.

Представляет интерес оценить максимально возможные концентрации радионуклидов в зоне дыхания и ожидаемые ингаляционные дозы облучения сельских жителей при использовании в качестве топлива древесины, заготовленной на территории радиоактивного загрязнения. И сравнить полученные значения с другими путями и ситуациями облучения, например, в случае пожаров [1, 2].

Материалы и методы

Исследование проводилось методом математического моделирования. В качестве исходных использовались данные Института радиологии о загрязнении золы радионуклидами [3]. В качестве значений параметров математической модели применены результаты исследований высокотемпературной возгонки радионуклидов при сжигании древесного топлива в отопительных печах [4].

Для оценки ожидаемых доз внутреннего облучения населения от ингаляционного поступления радионуклидов $D_{int}(t)$, Зв значения продолжительности экспозиции t и интенсивности дыхания v умножались на соответствующие дозовые коэффициенты $e(g)_i$ и объемные активности A_i ^{90}Sr и ^{137}Cs :

$$D_{int}(t) = t \cdot v \cdot \sum_{i=1}^6 A_i \cdot e(g)_i \quad (1)$$

Дозовый коэффициент $e(g)_i$, Зв·Бк⁻¹ равен ожидаемой эффективной дозе, обусловленной ингаляционным поступлением 1 Бк i -го радионуклида в организм в зависимости от возраста человека с учетом процессов метаболизма радионуклида в организме, класса растворимости и размера частиц в радиоактивном аэрозоле [5, 6].

Обработка материала проводилась с использованием пакета программного обеспечения «Microsoft Office», 2007.

Результаты и обсуждение

При заготовке топливной древесины вокруг территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника и ее сжигании возможно присутствие в выбросах не только ^{137}Cs и ^{90}Sr , но и α -излучающих трансурановых элементов: $^{238,239,240}\text{Pu}$ и ^{241}Am . Транс-

урановые элементы слабо поступают корневым путем из почвы в древесные растения, однако наносятся на кору в результате ветрового подъема и фиксируются на поверхности деревьев особенно смолистых хвойных пород. Кора всегда характеризуется большим содержанием минеральных примесей, в том числе почвы. Если количество твердых отходов, таких как зола в биотопливе колеблется от 0,5 весовых процентов (на сухую массу) для опилок из мягких пород древесины, то для коры — до 8 весовых процентов [4].

Зола, образуемая в процессе сжигания биомассы, разделяется на зольный остаток (подовую золу) и летучую золу (золу уноса). Использовать подовую золу в качестве удобрения не рекомендуется, так как при ее внесении в почву последняя дополнительно загрязняется радионуклидами, что рано или поздно приводит к росту уровней загрязнения возделываемых на приусадебном участке культур и далее — к дополнительному внутреннему облучению жителей за счет перорального поступления «зольных» радионуклидов с пищевыми продуктами домашнего производства [3].

Фракция летучей золы включает крупную и мелкую части. Крупная фракция частиц размером более микрона образуется в результате уноса золы из слоя топлива. Процессы образования мелкой формы, то есть аэрозолей с частицами диаметром менее 1 мкм являются намного более сложными. Летучие соединения золы, которые включают ^{137}Cs , ^{90}Sr , K, Na, S и Cl, а также $^{238,239,240}\text{Pu}$, ^{241}Am и тяжелые металлы (Zn и Cd), выделяются из топлива в газовую фазу и затем вступают в реакции газовой фазы.

Образование радиоактивных аэрозольных частиц происходит в результате охлаждения топочного газа и высокой скорости образования соединений радионуклидов с последующей конденсацией паров на существующих поверхностях. Аэрозольные частицы диаметром несколько нанометров после образования коагулируют друг с другом или с частицами более крупной фракции уноса. Кроме того, присутствие крупных частиц золы уноса влияет на образование и поведение аэрозолей.

Различия в процессах образования крупных частиц золы уноса и аэрозолей приводят к тому, что содержание радионуклидов в различных респираторных фракциях и растворимость их соединений при попадании в дыхательный тракт человека могут быть различными. Поэтому ожидаемые дозы облучения от ингаляционного поступления этих групп радионуклидов должны оцениваться отдельно.

Кроме того, не до конца изучены вопросы, связанные с дозиметрией внутреннего облучения респираторного тракта от α -излучающих трансурановых элементов, в том числе с вкла-

дом облучения различных отделов дыхательного тракта в эффективную дозу облучения. С этим, видимо, связано отсутствие дозовых коэффициентов $e(g)_i$ для случая ингаляционного поступления изотопов плутония в организм человека в национальных гигиенических критериях [6] (формула 1).

В таблице 1 показано распределение по массе различных фракций золы относительно общего ее содержания в топке с неподвижным

слоем [4]. Топки оснащены циклонами, за которыми установлен второй, более эффективный блок осаждения пыли.

Циклонная золная пыль включает мелкие, в основном неорганические частицы золы, уносимые вместе с топочным газом из топки и осаждаемые преимущественно в мультициклонах, расположенных за топкой. Эта золная фракция в основном содержит крупные частицы золы уноса.

Таблица 1 — Процентное содержание различных золных фракций от общего количества золы [4]

Биотопливо/золная фракция	Кора	Древесная щепа	Опилки
Подовая зола	65–85	60–90	20–30
Циклонная зола уноса	10–25	10–30	50–70
Зола уноса фильтров тонкой очистки	2–10	2–10	10–20

Фильтрационная зола уноса представляет собой вторую, более мелкую фракцию, осаждаемую в электростатических, тканевых фильтрах или в виде конденсационного шлама в блоках конденсации топочного газа. Эта золная фракция в основном включает аэрозоли.

Топки бытовых печей не оснащены циклонами и другими блоками осаждения пыли, поэтому зола уноса поступает в приземный слой воздуха. Для оценки ожидаемых ингаляционных доз облучения сельских жителей при использовании в качестве топлива древесины, заготовленной на территории радиоактивного загрязнения, необходимы данные о возможных концентрациях радионуклидов в зоне дыхания. Фактических замеров объемной активности на подворьях в отопительный сезон не проводилось. Поэтому необходимы расчеты с применением математических моделей или применение факторов разбавления.

Фактор разбавления объемной активности воздуха в результате рассеяния радиоактивной примеси на расстоянии 10 м от вылета при неблагоприятной категории устойчивости атмосферы F принимался равным 10^{-2} (концентрация радионуклидов на данном расстоянии от источника равна 1/100 от исходной над дымовой трубой).

В южных районах Гомельской области, прилегающих к наиболее загрязненной ее части — Полесскому государственному радиационно-экологическому заповеднику, удельная активность ^{90}Sr в золе из топливной древесины достигает 50 кБк кг^{-1} [3]. Уровни загрязнения ^{137}Cs в несколько раз ниже, так как его содержание в топливной древесине в отличие от ^{90}Sr нормируется и контролируется. Верхней границей по содержанию ^{137}Cs в золе для оценки можно принимать уровень радиоактивных отходов — 10 кБк кг^{-1} . Однако следует отметить,

что из-за несовершенства критериев нормирования уровни загрязнения ^{137}Cs могут быть и выше. Содержание трансурановых элементов $^{238+239+240}\text{Pu}$ и ^{241}Am не известно и не нормируется. Можно лишь предположить, что их активность на порядки ниже ^{90}Sr и ^{137}Cs , исходя из соотношения параметров перехода радионуклидов из почвы в растения.

Доля радионуклидов, поступающих в приземный слой воздуха при сжигании древесного топлива в бытовых печах, может составлять до 40 % от их запаса в дровах (таблица 1). Это означает, что в течение одной протопки печи в приземный слой воздуха может поступать до 200 кБк ^{90}Sr и 40 кБк ^{137}Cs с объемными активностями, соответственно, 2 и 0,4 кБк м^{-3} .

Так как эффективный диаметр и класс растворимости частиц радиоактивных аэрозолей неизвестны, то консервативно принимались максимальные значения дозовых коэффициентов [5, 6], то есть принимался наихудший сценарий. Согласно действующим «Критериям оценки радиационного воздействия» [6], годовой объем вдыхаемого воздуха для возрастной группы «взрослые» составляет 8100 м^3 в год или 4000 м^3 за отопительный период. Время нахождения жителя в облаке дыма консервативно принималось 0,5 часа в день, то есть годовой объем вдыхаемого загрязненного воздуха — 80 м^3 .

В последнем столбце таблицы 2 приведены результаты расчета ожидаемых годовых доз облучения жителей населенных пунктов, расположенных у границы Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, от ингаляции с печным дымом ^{90}Sr и ^{137}Cs .

Основной вклад (96 %) в ожидаемую дозу облучения населения Гомельской области, обусловленную ингаляционным поступлением радионуклидов с печным дымом, вносит ^{90}Sr (при отсутствии трансурановых элементов).

Таблица 2 — Максимальные годовые ожидаемые дозы облучения населения Гомельской области, обусловленные ингаляционным поступлением радионуклидов с печным дымом (фактор разбавления — 10^{-2})

Радионуклид	Объемная активность в зоне дыхания на приусадебном участке, Бк·м ⁻³	Дозовый коэффициент, Зв·Бк ⁻¹	Годовая ожидаемая доза облучения жителей, мЗв
⁹⁰ Sr	20	$1,6 \cdot 10^{-7}$	0,26
¹³⁷ Cs	4	$3,9 \cdot 10^{-8}$	0.012

Заключение

Бытовые печи не оснащены дымовыми фильтрами, поэтому зола уноса в значительном количестве поступает в приземный слой атмосферы. Годовая ожидаемая доза облучения от ингаляционного поступления радионуклидов с дымом печных труб на порядки выше, чем от пожаров на территории зоны отчуждения [1]. Абсолютные значения доз от данного пути облучения не превышают установленного законодательством годового предела облучения (1 мЗв, [6]) и сравнимы с дозами внешнего облучения от чернобыльских выпадений.

Консервативные оценки ожидаемых доз облучения выполнены на основе литературных данных, поэтому результаты имеют значительную неопределенность. Для уточнения оценок необходим отбор проб аэрозолей в отопительный период на приусадебных участках наиболее загрязненных южных районов Гомельской области при неблагоприятных категориях устойчивости атмосферы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бортновский, В. Н. Гигиеническая оценка ингаляционного поступления радионуклидов в результате пожаров в Гомельской области / В. Н. Бортновский, А. М. Буздалкина, К. Н. Буз-

далкин // Проблемы здоровья и экологии. — 2016. — Т. 1 (47). — С. 75–78.

2. Буздалкин, К. Н. Мониторинг ожидаемых доз облучения спасателей в случаях пожаров на территории радиоактивного загрязнения / К. Н. Буздалкин, Е. К. Нилова, А. Б. Кухтевич // Научно-практический рецензируемый журнал «Чрезвычайные ситуации: образование и наука». — Гомель: ГУО «ГИИ», 2015. — Т. 10 (2). — С. 61–64.

3. Буздалкин, К. Н. Загрязнение сельскохозяйственных земель ⁹⁰Sr в результате внесения древесной золы в качестве удобрения / К. Н. Буздалкин, Е. К. Нилова // Чернобыль: 30 лет спустя: материалы междунар. науч. конф., Гомель, 21–22 апр. 2016 г. — Гомель: Ин-т радиологии, 2016. — С. 294–295.

4. Утилизация золы котельных, работающих на древесном топливе: совместный проект ПРООН/ГЭФ и Правительства Республики Беларусь «Применение биомассы для отопления и горячего водоснабжения в Республике Беларусь» / ред.-сост. Норберт Вильдбахер. — Минск: Программа развития ООН (ПРООН), Глобальный экологический фонд (ГЭФ), Департамент по энергоэффективности Государственного Комитета по Стандартизации, 2007. — 28 с.

5. Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards: general safety requirements. Interim edition. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2011. — 303 p.

6. Критерии оценки радиационного воздействия: Гигиенический норматив, утвержд. постановлением Мин. здрав. Республики Беларусь, 28 дек. 2012 г. № 213 // Нац. реестр правовых актов Республики Беларусь. — 2013. — 2/26850.

7. Чернобыль 30 лет спустя: проблемы настоящего и будущего / А. Г. Заворотный [и др.] // Научный рецензируемый журнал «Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация». — М., 2016. — № 1 (январь-март). — С. 16–29.

Поступила 05.06.2017

СЛУЧАЙ ИЗ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

УДК 159.974.2

ПОСТАДДИКТИВНАЯ ИПОХОНДРИЯ. КЛИНИЧЕСКИЕ ИЛЛЮСТРАЦИИ

С. В. Толканец

Гомельский государственный медицинский университет

Цель: изучить патогенез и показать клиническую иллюстрацию развития небредовой ипохондии, развивающейся после сложных в психопатологическом отношении паникоподобных приступов.

Материал и методы. В исследование включены пациенты пограничного психического профиля отделений неврозов. Методы исследования — психопатологический, анамнестический, клинико-динамический.

Результаты. Раскрыта сложная структура анксиозных и паникоподобных приступов, соответствующая картине экзистенциального криза в личностной динамике конституциональных аномалий с патологией влечений и формированием постаддиктивной ипохондии.

Заключение. Показана принадлежность постаддиктивной ипохондии к регистру личностной психопатологии.

Ключевые слова: экзистенциальный криз, соматотония, антиномный сдвиг, небредовая ипохондия.