

Список использованной литературы

1. Просветов, Г.И. Математические методы в логистике: задачи и решения: учебно-практическое пособие / Г.И. Просветов. - 3-е изд., доп. - Москва: Альфа-Пресс, 2014. - 302 с.
2. Розенберг В.А., Прохоров А.И. Что такое теория массового обслуживания. Москва: Книга по требованию, 2013. - 252 с.

УДК 614.876 (476)

Гурачевский В.Л., канд. ф.-м. наук, доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

О РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКЕ В БЕЛАРУСИ ПОСЛЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АВАРИИ (ПО ДАННЫМ 2016 ГОДА)

Ключевые слова: чернобыльская авария, доза облучения, плотность загрязнения, радионуклиды, цезий-137, стронций-90, изотопы плутония, америций-241.

Аннотация. Анализируются чернобыльское загрязнение территории Беларуси наиболее значимыми долгоживущими радионуклидами: цезий-137, стронций-90, плутоний-238,239,240,241; вопросы доз облучения населения и вторичного загрязнения территорий америцием-241.

Согласно данным [1] в текущий период основными дозообразующими радионуклидами чернобыльского происхождения для населения Республики Беларусь являются цезий-137 (^{137}Cs), стронций-90 (^{90}Sr), и группа трансурановых радионуклидов: плутоний-238,239,240,241 ($^{238,239,240,241}\text{Pu}$), америций-241 (^{241}Am). Воздействие этих радионуклидов на население будет продолжаться еще многие десятилетия. Медицинские эффекты облучения долгоживущими радионуклидами изучены мало, поэтому 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 установлена предельно допустимая среднегодовая эффективная доза облучения населения чернобыльскими радионуклидами, составляющая 1 мЗв.

Для сравнения: средняя для жителя Земли годовая доза фонового облучения составляет 2,8 мЗв, при этом 2,4 мЗв приходится на естественный фон, а 0,4 мЗв – на искусственный, включая медицинское облучение.

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 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 поро-

вого 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.

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

| Наименование зоны | Эффективная доза, $МЗв/год$ | Плотность загрязнения, $кБк/м^2 (Ки/км^2)$ | | |
|--|---|--|-------------------------|--------------------------|
| | | ^{137}Cs | ^{90}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 | | | |

Рассмотрим загрязнение территории Беларуси долгоживущими радионуклидами по состоянию на 2016 год.

Загрязнение цезием-137. Период полураспада ($T_{1/2}$) этого радионуклида составляет 30 лет. Он испытывает бета-распад (энергии 1,17 $МэВ$ и 0,51 $МэВ$) с сопутствующим гамма-излучением (0,66 $МэВ$). Согласно [2] около 35 % всех чернобильских выпадений этого радионуклида находится в Беларуси.

Непосредственно после аварии превышение плотности загрязнения цезием-137 величины 37 $кБк/м^2$ (1 $Ки/км^2$) было установлено для 23 % территории республики (в качестве сравнения, аналогичная доля для Украины составляла 7 %, для европейской части России – 1,5 %).

В результате естественного распада площадь радиоактивного загрязнения цезием-137 постепенно уменьшается. По состоянию на 2016 год [2] она составляла 13,4 % от общей площади республики.

Основные массивы загрязнённых $Cз^{137}$ земель, сосредоточены в Гомельской (46,5 % площади) и Могилёвской (23,0%) областях. В Брестской, Гродненской и Минской областях доли загрязнённых земель составляют, соответственно, 4,4 %, 1,9 и 3,1%.

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

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

Реальные выпадения представляют собой равновесную смесь изотопов ^{90}Sr и ^{90}Y . При таком значительном различии периодов полураспада суммарная активность нуклидов стронция и иттрия удваивается по сравнению с активностью стронция, так как вслед за каждым распадом ^{90}Sr относительно быстро происходит распад ^{90}Y .

Сразу после аварии превышение загрязнения почвы стронцием-90 порогового значения $5,55 \text{ кБк/м}^2$ было обнаружено на площади 21,1 тыс. км^2 , что составляло 10 % от территории республики. 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 [2] доля загрязненной ^{90}Sr территории Беларуси вне зоны эвакуации составляет 5,3 %. Следует учесть, что практически вся она одновременно загрязнена и цезием-137.

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}Sr избирательно **накапливается** в костной ткани. Период его полувыведения из организма человека составляет около 15 лет.

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

Первые три из них испытывают альфа-распад. 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}Pu не учитывалось при отнесении территорий к зонам радиоактивного загрязнения.

Радионуклиды ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}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 рисунке 1 [3]. 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 30-километровой зоне ЧАЭС (зоне эвакуации), в частности, в Хойникском районе – свыше 111 кБк/м^2 .

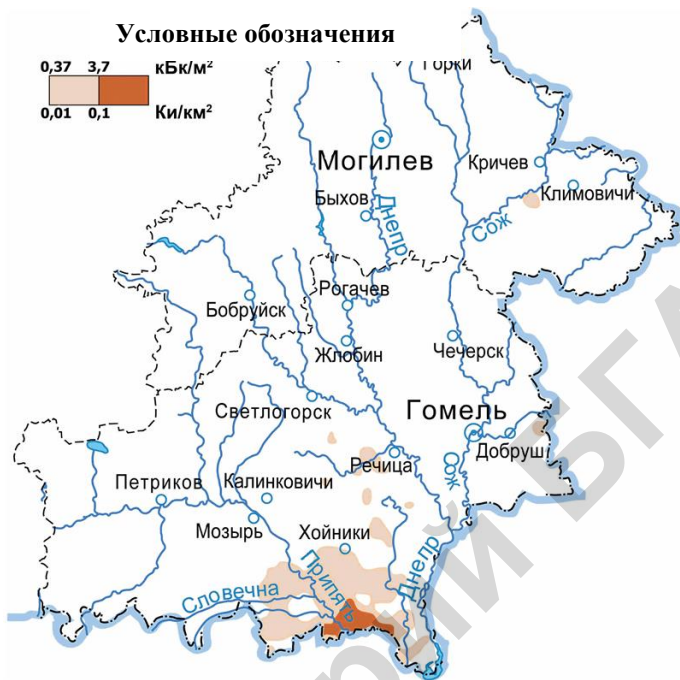


Рисунок 1. Загрязнение территории Беларуси изотопами ^{238, 239, 240}Pu (2006 г.)

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 $0,37 \text{ кБк/км}^2$ ($0,01 \text{ Ки/км}^2$). Свыше этой величины оказалось загрязнено $4,0 \text{ тыс. км}^2$, или почти **2 %** площади республики [3].

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.

В [2] приведена карта загрязнения Беларуси радионуклидами стронция-90 и плутония-238, 239, 240 по состоянию на 2016 год (рисунок 2). Представленная карта вызывает ряд вопросов. Не очень понятно почему объединены данные по загрязнению бета-излучающим ⁹⁰Sr и альфа-излучающими ^{238,239,240}Pu. Если же следовать логике авторов, то недоумение вызывает отсутствие на этой карте данных по бета-излучающему плутонию-241 и его дочернему продукту распада – альфа-излучающему америцию-241 (см. ниже).

Отметим также, что загрязнение изотопами плутония (черные точки на карте) отражено для территорий с плотностью загрязнения выше $0,1 \text{ Ки/км}^2$. В тоже

время согласно законодательству загрязненными считаются территории с плотностью свыше $0,01 \text{ Ки/км}^2$. Умышленно или неумышленно представленная карта наводит на мысль, что загрязнение ТУ радионуклидами сосредоточено в пределах зоны эвакуации (отчуждения).

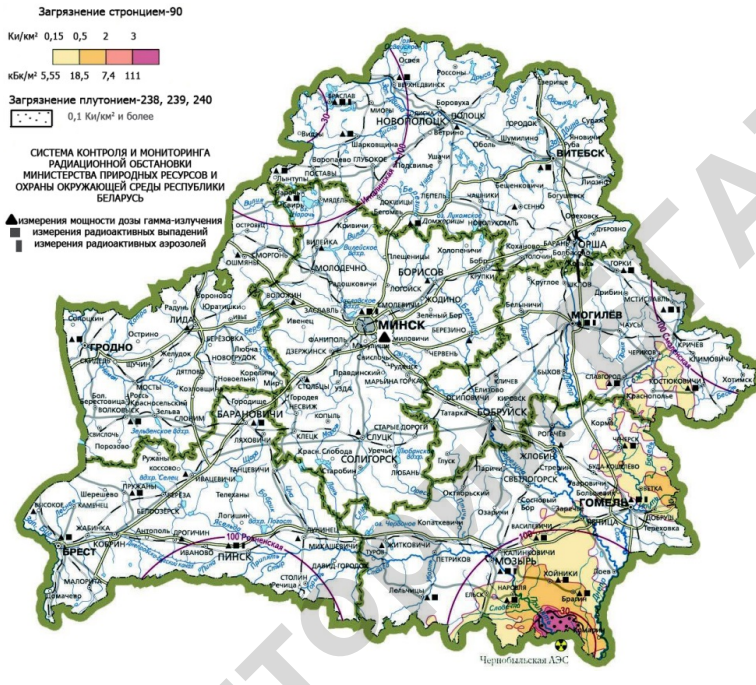


Рисунок 2. Загрязнение территории Республики Беларусь радионуклидами стронция-90 и плутония-238, 239, 240 (2016 год)

Но это не соответствует действительности, что следует хотя бы из сравнения рисунков 1 и 2. 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 [2] отмечается, что в 2016 году площадь загрязнения ТУ радионуклидами составляет **1,3 %** площади территории республики **за пределами зоны эвакуации**. С учетом того что после аварии было загрязнено 2 % территории республики [3], территория в зоне эвакуации составляет 0,7 %. Таким образом, согласно официальным данным [2, 3] площадь загрязнения ТУ элементами за пределами зоны эвакуации почти в 2 раза больше размеров этой зоны!

Загрязнение америцием-241. Выше отмечалось, что карты загрязнения ^{241}Pu не строились, и этот радионуклид не учитывали при зонировании территорий. Од-

нако, испытывая бета-распад с $T_{1/2} = 14$ лет, плутоний-241 превращается в альфа-излучающий америций-241. С момента аварии прошло уже больше двух периодов полураспада. Поэтому в наши дни ^{241}Pu осталось менее $1/4$ исходного количества, а более $3/4$ превратилось в ^{241}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 ряд ученых называет проблемой америция.

Дело в том, что, во-первых, активность выброшенного после аварии плутония-241 была более чем в 50 раз выше, чем у остальных нуклидов плутония вместе взятых [1, 4]. Во-вторых, как уже отмечалось, $3/4$ выброшенного плутония-241 уже превратилось в очень опасный альфаизлучающий америций-241, и этот процесс продолжается..

Естественно, активность образующегося америция-241 существенно меньше, чем у исходного плутония-241. Дело в том, что ^{241}Am распадается примерно в 30 раз медленнее, чем ^{241}Pu , что вытекает из соотношения их периодов полураспада. Тем не менее уже в наши дни активность америция-241 почти в полтора раза превышает суммарную активность альфа-излучающих изотопов плутония. В связи с этим зарубежные ученые пишут о «второй волне» чернобыльского загрязнения.

Проблема америция неоднократно поднималась в национальных докладах Республики Беларусь. Так, в [3, 5] отмечалось, что согласно прогнозам, к 2058 году удельная активность америция превысит суммарную активность изотопов плутония в 1,8 раза. В [3] отмечается, что почвенное содержание америция в мобильных и биологически доступных формах выше, чем плутония. Согласно [5], учет америция-241 может привести к увеличению числа населенных пунктов, относящихся к загрязненным. В последнем же официальном издании [2] новой информации по этим вопросам не представлено.

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. В плане же индивидуальных доз, накопленных за послеаварийный период, в [2] утверждается, что доля населенных пунктов, у жителей которых наблюдается превышение величины 100 мЗв хотя бы в одной из возрастных категорий, не превышает 1 %.

Тем не менее, автор считает, что происходящее выдвигает на повестку дня решение двух важных вопросов. Во-первых, необходимо проведение работ по оценке реального загрязнения территории Беларуси америцием-241, как это сделано в Украине. Во-вторых, по всей видимости, 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 америцием-241. Альтернативный и более радикальный вариант, требующий глубокой проработки, – переход на единый критерий зонирования по величине среднегодовой эффективной дозы.

Дополнительную информацию по рассматриваемым вопросам можно найти в недавно вышедшей монографии автора [6].

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

3. 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.

4. Экологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и их преодоление: двадцатилетний опыт. Доклад экспертной группы «Экология» Чернобыльского форума. – Вена : МАГАТЭ, 2008. – 180 с.

5. 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.

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

УДК 338.24

¹*Михарева В.А., канд. экон. наук, доцент, ²Матюшенко В.Ф., канд. экон. наук, доцент*
¹*УО «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого»,*
г. Гомель

²*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск*

АГРЕССИВНЫЙ МАРКЕТИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ В КОНКУРЕНТНОЙ БОРЬБЕ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

Ключевые слова: АПК, агрессивный маркетинг, покупательское поведение, коммуникации, упаковка, каналы продвижения, мерчендайзинг.

Аннотация: В данной статье рассматриваются проблемы использования инструментов агрессивного маркетинга в деятельности предприятий АПК в условиях нестабильного рынка.

В последние годы наблюдается расширение проникновения элементов маркетинга в сферу агропромышленного комплекса Республики Беларусь. До недавнего времени такая практика не носила систематического целенаправленного характера, а, скорее, являлась результатом интуитивных инициатив руководителей предприятий. На сегодняшний день инструменты маркетинга более активно используются товаропроизводителями особенно на этапе реализации продукции, поскольку выгодная реализация произведенной продукции — ключевой фактор эффективного функционирования агропромышленного комплекса.

В силу часто возникающих проблем в системе сбыта сельхозпродукции назрела острая необходимость целенаправленного и повсеместного использования такого инструмента маркетинга, как продвижение, причем достаточно агрессивное.

Агрессивный маркетинг можно рассматривать как способ, с помощью которого предприятие может использовать негативные аспекты кризиса с целью получения дополнительного контроля над рыночной ситуацией и конкурентных преимуществ. Кризисы, как правило, становятся моментом передела рынка, так как