

Рисунок 2 - Изотерма сорбции водяного пара стекловолокном

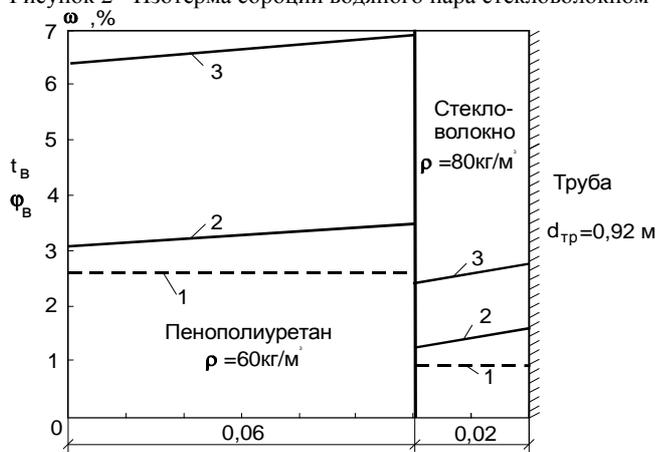


Рисунок - 3 Распределение весовой влажности по толщине изоляции.

1 – исходное влагосодержание; 2 – через 30 дней при сорбционной влажности новых материалов; 3 – через 30 дней при сорбционной влажности изношенных материалов

относительная влажность и температура воздуха были неизменными и равными  $\phi_0=82\%$  и  $t_0=11\text{ }^\circ\text{C}$ .

Вычислительный эксперимент показал, что через 30 дней во всех слоях изоляции температура была одинаковой и рав-

ной  $11\text{ }^\circ\text{C}$ , а влажность, как следует из рис. 3 (кривая 2) заметно возрастала по направлению к трубе.

Следует отметить, что в процессе эксплуатации теплоизоляционные материалы во всем объеме насыщаются микро- и макротрещинами, которые повышают сорбционные свойства материалов, уменьшают долю закрытой пористости и способствуют удалению пенообразователей (фреон,  $\text{CO}_2$ ), имеющих по сравнению с воздухом более низкую теплопроводность. В результате теплопроводность изоляции может существенно увеличиться. Так, по данным работы [6] коэффициент теплопроводности пенополиуретана через 20 лет эксплуатации ограждения повысился на 15 %. В рассматриваемой теплоизоляции это может привести к повышению теплопотерь примерно на 12 %.

Поэтому был выполнен еще один вычислительный эксперимент, в котором в отличие от предыдущего сорбционные характеристики материалов возросли в два раза (на практике сорбционная влажность пенополиуретана может увеличиваться еще больше). Его результаты отражены кривой 3 на рис.3, из которого следует, что влагосодержание материалов увеличилось пропорционально увеличению их сорбционной способности.

В заключение отметим, что опыт использования разработанной системы имитации показал ее способность адекватно описывать процессы переноса тепла и влажности в капиллярно-пористых материалах при наличии достоверных данных о теплофизических характеристиках этих материалов и условиях окружающей среды.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий.–М.: Стройиздат. – 1973. – С. 287.
2. Ильинский В.М. Строительная теплофизика. – М.: Высшая школа. – 1974. – С. 320.
3. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия. – 1973. – С. 320.
4. Никитин В.И., Езерский В.А. Прогнозирование теплопроводности и пенопластов/ Вестник БПИ – Строительство и архитектура, № 1. – 2000. – С. 48-51.
5. Руководство по расчету влажностного режима ограждающих конструкций зданий/ НИИСФ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1984. – С. 168.
6. Nikitin W., Lapko A. Prognozowanie spadku wlasciwosci termo-izolacyjnych ocieplenia warstwowych scian oslonowych / Reteraty XIX Konf. Nauk.Techn."Awarie Budowlane ".- Szczecin – Miedzyszdroje “,1999.- S.415-422.

УДК 631.6

**Валуев В.Е.**

## ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ЗЕМЛЯХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ

В деле повышения безопасности и эффективности сельскохозяйственного производства на землях, загрязненных радионуклидами, у Беларуси имеются позитивные результаты и определенные перспективы для их наращивания в будущем.

Из сельскохозяйственного оборота исключено 2,65 тыс.кв.км угодий, имеющих плотность загрязнения цезием – 137 выше 1480 кБк/м<sup>2</sup>, стронцием – 90 - более 111 кБк/м<sup>2</sup>, плутонием – выше 3,7 кБк/м<sup>2</sup>. Вообще, радиоактивному загрязнению с плотностью выше 37 кБк/м<sup>2</sup> по цезию – 137 подверглось более 18 тыс. км<sup>2</sup> сельскохозяйственных земель. В настоящее время в сельскохозяйственном обороте использу-

ется 13,6 тыс.км<sup>2</sup> земель, загрязненных цезием – 137 с плотностью 37...1480 кБк/м<sup>2</sup>, из которых 4,78 тыс.км<sup>2</sup> одновременно загрязнено и стронцием – 90 (11...111 кБк/м<sup>2</sup>). В сложнейших условиях ведется сельскохозяйственное производство на землях, загрязненных цезием – 137 плотностью 185...1480 кБк/м<sup>2</sup> (4,20 тыс.км<sup>2</sup>), часть площадей из которых (1,13 тыс.км<sup>2</sup>) загрязнена также стронцием – 90 с плотностью 37...111 кБк/м<sup>2</sup>. Из общей (100%) площади загрязненных пахотных земель и луговых угодий на отдельные области Беларуси приходится: Гомельскую – 66, Могилевскую – 24, Брестскую – 4,5, Гродненскую – 3,0, Минскую – 2,5 процента. На

необрабатываемых землях радионуклиды сосредоточены, в основном, в верхней части корнеобитаемого слоя почвы, а на обрабатываемых – распределены сравнительно равномерно по глубине пахотного горизонта. Известно также, что вертикальная миграция в почве цезия – 137 и стронция -90 протекает медленно, ее вклад в самоочищение почв практически не ощутим. При этом могут быть развиты процессы локального вторичного загрязнения территорий за счет горизонтальной миграции радионуклидов в связи с ветровой и водной эрозией легких почв на различных элементах рельефа, а также в зависимости от естественного режима увлажненности сельскохозяйственных угодий. Доступность радионуклидов растениям и уровень загрязнения продукции зависят от прочности закрепления цезия – 137 и стронция - 90 в почве, которая оценивается различными вытяжками и коэффициентами их перехода из почвы в растения (уточняемыми с течением времени). Так, переход в зерновые культуры и сено многолетних трав цезия – 137 в среднем за 1992...1994 годы, по сравнению с периодом – 1986...1988 годы, уменьшился в 2...4 раза, а стронция – 90 – повысился на 7...11 процентов. Переход радионуклидов существенно зависит от межвидовых особенностей сельскохозяйственных культур. Так, накопление цезия - 137 по видам растений (в расчете на сухое вещество) может различаться до 180 раз, а накопление стронция - 90 – до 30 раз при одинаковой плотности загрязнения им почв. В сельскохозяйственном производстве на загрязненных землях важно учитывать и сортовые различия в накоплении радионуклидов (1,5...3 раза). Исходя из того, что после распада короткоживущих радионуклидов внутренняя составляющая дозовой нагрузки на человека определяется, преимущественно, содержанием цезия - 137 и стронция - 90 в продуктах питания, на загрязненных землях необходимо применять комплекс специальных защитных мероприятий по снижению концентрации радионуклидов в сельскохозяйственной продукции.

Прежде всего, необходимо *совершенствование* принципов проектирования *севооборотов* в зависимости от уровня и характера загрязнения почв радионуклидами. Сегодня, по *накоплению радиоцезия* на единицу сухого вещества установлен следующий *убывающий ряд*: разнотравье естественных сенокосов и пастбищ, люпин, многолетние злаковые травы, клевер, зеленая масса рапса, гороха, солома овса, зеленая масса кукурузы, кормовая свекла, зеленая масса однолетних бобово - злаковых травосмесей, солома озимой ржи, зерно овса, картофель, солома ячменя, зерно озимой ржи, зерно ячменя. По *содержанию стронция 90* в сухом веществе растений, соответственно: клевер, зеленая масса гороха, рапса, люпина, однолетних бобово-злаковых травосмесей, разнотравье суходольных сенокосов и пастбищ, многолетние злаковые травы, солома ячменя, зеленая масса озимой ржи, кормовая свекла, зеленая масса кукурузы, солома овса и озимой ржи, зерно ячменя, овса, озимой ржи, картофеля. Данные закономерности поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию и сырье должны служить теоретической основой для переспециализации растениеводства на базе сево-

оборотов. Именно подбор культур и их сортов с минимальным накоплением радионуклидов является наиболее доступным средством снижения поступления радионуклидов из почвы в сельскохозяйственную продукцию и сырье. Данный прием эффективно используется хозяйствами загрязненной зоны, особенно в овощеводстве и при возделывании столового картофеля (сортов Аксамит, Альтаир, Сантэ, Синтез) на землях, загрязненных стронцием.

С другой стороны, необходимо *совершенствование* системы *обработки почв* с целью уменьшения накопления радионуклидов в урожае, подавление эрозионных процессов, снижения продолжительности воздействия излучения на работающих в поле людей. Этим целям служат: глубокая вспашка с последующей обработкой почв на меньшую глубину (без нарушения заделанного ранее загрязненного слоя); на эродированных, эрозионноопасных, уплотненных и временно избыточно увлажненных почвах - периодически выполняемые, глубокое рыхление и шелевание; на угодьях (сенокосы, пастбища), где ранее запахана загрязненная дернина - перезалужение с поверхностным фрезерованием, посевом трав и прикатыванием или подсевом трав в дернину. Комплексные и к месту примененные мероприятия по коренному и поверхностному улучшению луговых угодий позволяют более чем вдвое уменьшить поступление радионуклидов из почвы в многолетние травы (глубокая вспашка - в 5...10 раз); применение комбинированных многооперационных сельскохозяйственных машин (агрегатов) - на 30...40 процентов снизить внешние дозовые нагрузки на механизаторов. Наибольшую эффективность мероприятия по обработке почв показали на мелиорированных минеральных и торфяных почвах при их оптимальном водном режиме (при уровнях грунтовых вод – УГВ, так называемой норме осушения, равных 90...120 см). Содержание радионуклидов в деятельном слое почвы резко возрастает (в 5...20 раз) при подъеме УГВ до 35...50 см от поверхности земли.

*Переход радионуклидов* из почвы в растения *уменьшается* при применении органических, минеральных удобрений, набора мелиорантов (цеолитов, бентонитов, глинистого мергеля, трепела, лингосульфатов, гуминовых препаратов, сапропели и др.), медленнодействующих удобрений (карбамида, сульфата аммония с добавками гуматов и других биологически активных компонентов), ассоциативных штаммов азотфиксирующих бактерий, микроудобрений, в основном, в виде некорневых подкормок, а также извести дифференцированно по типам почв, гранулометрическому составу, степени кислотности (РН) и плотности загрязнения почвенного покрова цезием - 137 и стронцием - 90. Их комплексное применение позволяет снизить накопление цезия - 137 и стронция - 90 в сельскохозяйственной продукции в 2...3 и более раз. Мероприятия по химической защите растений от вредителей, болезней и сорняков также способствуют снижению (на 20...40 процентов) накопления радионуклидов в продукции. Загрязнение почвенного покрова сельскохозяйственных угодий с неизбежным *переходом радионуклидов из кормов в мясо*

Таблица - Допустимое содержание радионуклидов в кормах для крупного рогатого скота в зависимости от производимой продукции (Бк/кг)

Продукция	Цезий - 137			Стронций - 90	
	Молоко цельное	Молоко-сырье	Мясо	Молоко цельное	Молоко-сырье
Сено	1480	1850	1850	259	1295
Солома	370	925	1110	185	925
Сенаж	740	888	1110	111	555
Силос	296	851	555	56	278
Корнеклубнеплоды	370	888	370	37	185
Зерно	370	888	592	111	555
Зеленая масса	185	703	296	37	185

крупного рогатого скота, овец, свиней, домашней птицы и в молоко значительно усложнили ведение животноводства. Нормативы предельно допустимого содержания радионуклидов в конкретных кормах для крупного рогатого скота, рассчитанные на основе типовых рационов кормления, приведены в таблице.

Исходя из сложившейся радиологической ситуации, потребовалось *технологическое разделение кормов* в зависимости от степени их загрязнения радионуклидами и возможности получения продукции с определенными качествами, а также *рациональная схема выращивания* молодняка и откорма крупного рогатого скота. На первых стадиях откорма возможно выращивание молодняка на травянистых и грубых кормах с повышенным содержанием радионуклидов, на заключительной - содержание животных (2...3 месяца до убоя) на чистых кормах или с низким содержанием радиоцезия (кукурузный силос или зеленая масса кукурузы и концентраты).

Для планирования работ и повышения эффективности защитных мероприятий, на радиоактивно загрязненных землях необходимо осуществлять разносрочное прогнозирование качества конечной продукции, основанное на коэффициентах перехода радионуклидов в урожай различных культур и типовых рационах кормления животных. Уже сегодня ясно, что производство кормов в зоне загрязнения для дойного стада с целью получения цельного молока с допустимым содержанием радионуклидов возможно на площади около 90 процентов пахотных земель, до 80 процентов - улучшенных сенокосов и пастбищ и 40 процентов - естественных луговых угодий. На остальной части загрязненных сельскохозяйственных угодий Беларуси, в настоящее время, можно производить корма только для получения в животноводстве мяса и молока - сырья. В данном случае все зависит от тенденций в процессах накопления в них радионуклидов. Однако, весьма эффективным может оказаться введение в рацион мясных животных цезийсвязывающих препаратов на основе берлинской лазури. В проведении защитных мероприятий на радиоактивно загрязненных землях обозначилось два этапа: первый - 1986...1991 годы, второй - с 1992 года по настоящее время. Для первого этапа характерным явилось исключение из севооборотов сельскохозяйственных культур, интенсивно накапливающих радионуклиды, проведение осушительных мероприятий, известкования кислых почв, залужения и перезалужения сенокосов и пастбищ, а также, внесение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений. Все это снизило поступление радиоцезия в сельскохозяйственную продукцию в среднем в 4 раза, радиостронция - вдвое. Вторым этапом связан с детально ориентированными контрмерами в сельском хозяйстве, с учетом особенностей каждого поля и каждой животноводческой фермы. При этом, используются приемы уменьшения загрязнения растениеводческой продукции за счет регулирования минерального питания, применения бактериальных препаратов и новых форм удобрений. В животноводстве, как отмечалось выше, - осуществляется технологическое разделение кормов в зависимости от степени их загрязнения радионуклидами, норм - рационов кормления животных с использованием кормовых добавок, снижающих содержание радионуклидов в молоке. По одиннадцати наиболее загрязненным административным районам реализуются программы ведения сельскохозяйственного производства с целью снижения в 1,8...2 раза поступления радионуклидов в пищевую цепочку при приоритетном финансировании сельскохозяйственных защитных мер. Однако, экономический кризис привел к снижению на 70 процентов в 1993...1995 годах объ-

емов целевого финансирования и обострил исследуемую проблему, что повлекло снижение урожайности всех сельскохозяйственных культур и производства зерна, картофеля и зеленых кормов на луговых угодьях и, как следствие, производства молока и мяса. Поэтому, усилилась значимость экономического обоснования приоритета защитных мер, охраны, поддержания и повышения плодородия почв при снижении себестоимости и повышении качества производимой сельскохозяйственной продукции. Для уменьшения дозовых нагрузок на население, с одновременным производством безопасной конкурентоспособной продукции, необходимо решить ряд экономических и технических проблем, обеспечивающих возделывание на загрязненных землях технических культур - рапса, подсолнечника, сахарной свеклы, создание мощностей по переработке масличных культур на технические цели, картофеля и зерна - на крахмал и спирт. Эти проблемы без расширения международного сотрудничества и соответствующих инвестиций в сжатые сроки не решить.

Определенного смягчения радиационной обстановки на загрязненных территориях удалось достичь в результате дезактивационных работ. В 1986...1989 годах проводилась массовая дезактивация населенных пунктов силами инженерных войск и гражданской обороны. Дезактивировано около 500 населенных пунктов вне 30-километровой зоны, в 60 процентах из них работы повторялись многократно (2-3 раза). С 1989 года дезактивационные работы были сокращены, вместо них в качестве защитной меры проводилось отселение. На наиболее важных, с точки зрения жизнеобеспечения, объектах и территориях (детские, лечебные и оздоровительные учреждения, школы, места массового пребывания людей, предприятия пищевой промышленности и другие производственные объекты, локальные участки в населенных пунктах с аномально высоким радиоактивным загрязнением) - дезактивационные работы проводятся до настоящего времени. Особое внимание в Беларуси уделено формированию принципов и стратегии содержания территорий, загрязненных радионуклидами (двум основным районам - зоне отчуждения и зоне отселения - первоочередного и последующего). Зона отчуждения представляет собой компактную территорию площадью 1,7 тыс. кв. км, из которой в 1986 году было эвакуировано население и создан на всей территории Полесский государственный радиационно-экологический заповедник. На территориях зоны отселения ведется строго ограниченная хозяйственная деятельность, связанная с поддержанием в рабочем состоянии дорог, линий электропередач и других объектов, имеющих хозяйственное значение. Охранно-режимные мероприятия, проводимые в этих зонах, связаны с предотвращением несанкционированного проникновения на загрязненные территории граждан, неконтролируемого вывоза грузов, с поддержанием необходимого санитарного и противопожарного состояния заповедника. С этой целью организованы контрольно-пропускные пункты на узловых перекрестках дорог по периметру границ зон, построены охранно-режимные сооружения, установлены знаки, ведется систематическое патрулирование территорий. Однако, для укрепления режима содержания зон отчуждения и отселения необходимо завершить решение ряда проблем: совершенствовать нормативно-правовую базу хозяйственной деятельности на территории радиоактивно загрязненных зон и систему практической реализации охранно-режимных мероприятий, используя при этом долгосрочную стратегию реабилитации загрязненных территорий; обеспечить практическую сохранность историко-архитектурных памятников на территории Полесского заповедника.