

применения открытых и закрытых радиоизотопных источников излучения, медицинских электронных ускорителей, медицинских протонных пучков с энергией до 200 Мэв, а также электронно-вычислительных устройств и детекторов ионизирующих излучений для клинической дозиметрии.

В своем решении симпозиум отметил следующие важные задачи:

1) оснащение аппаратов дистанционной лучевой терапии комплектами приспособлений для формирования дозного поля, контроля укладки больных и проверки правильности исполнения программы облучения;

2) создание рентгеновских центраторов, гамма-нитроскопов, телевизионных и других устройств для подготовки и контроля процедур облучения;

3) усовершенствование дистанционных гамма-терапевтических аппаратов в направлении создания возможности облучения большими полями и автоматизации процесса облучения;

4) ускорение организации серийного выпуска ротационных гамма-терапевтических аппаратов и современного близко дистанционного рентгенотерапевтического аппарата;

5) расширение номенклатуры радиоизотопных источников лечебного назначения;

6) создание серийных терапевтических дозиметров, тканеэквивалентных фантомов, горизонтальных и вертикальных изодозографов и других устройств для клинической дозиметрии, а также разработка и внедрение в практику клинической дозиметрии средств электронно-вычислительной техники (аналоговых и универсальных ЭВМ);

7) разработка наиболее эффективных источников излучения высоких энергий (электронов, тормозного излучения, тяжелых частиц), изготовление бетатронов на 25 и 45 Мэв с полным комплектом вспомогательного оборудования;

8) расширение номенклатуры разработок специальных радиоизотопных систем для внутритканевого и внутрислоистного введения закрытых и открытых радиоизотопных источников, в частности шланговых аппаратов и автоматических устройств для введения жидких изотопов;

9) разработка нового и усовершенствование имеющегося оборудования для подачи на рабочее место и возврата в хранилище источников излучения;

10) разработка типовых проектов кабинетов и отделений лучевой терапии с учетом современного состояния и перспектив развития медицинской радиационной техники.

А. Г. СУЛЬКИН

## Производство и использование радиоактивных изотопов в Индии

В конце апреля 1969 г. в Индии находилась делегация советских специалистов с целью ознакомления с состоянием производства и использования изотопов в промышленности, медицине, сельском хозяйстве, биологии и других областях.

Производство радиоактивных изотопов в Индии сосредоточено в Тромбейском атомном научно-исследовательском центре им. Баба. Для производства изотопов используются реакторы центра мощностью 1 и 40 Мвт, последний из которых имеет максимальный поток  $6 \cdot 10^{13}$  нейтр/сек.см<sup>2</sup>. Циклотронные, осколочные, трансурановые, стабильные изотопы в настоящее время в Индии не производятся, из импортируемого сырья изготавливаются некоторые препараты на основе осколочных продуктов (Sr<sup>90</sup>, Cs<sup>137</sup>, Ce<sup>144</sup> и др.).

Для медицинских целей выпускается 53 типа препаратов на основе Na<sup>24</sup>, P<sup>32</sup>, S<sup>35</sup>, Co<sup>67</sup>, I<sup>131</sup>, Au<sup>198</sup>, Hg<sup>203</sup> и др., 22 из которых пригодны для инъекции. Некоторые препараты экспортируются за границу. В центре налажена стерилизация радиоизотопных медицинских препаратов и контроль их стерильности, в том числе и изготовленных на основе короткоживущих изотопов. При изготовлении препарата в ампулу закладывается тестовая спора, которая уже через 24 ч по ее прорастанию позволяет непосредственно врачу сделать заключение о стерильности препарата. Кроме того, в центре для исследовательских работ производятся соединения, меченные тритием, C<sup>14</sup>, P<sup>32</sup>, S<sup>35</sup> и др., всего около 150 наименований. Изготавливаются источники из Co<sup>60</sup> общей активностью около 100 тыс. кюри в год, а после ввода атомных электростанций (1971 г.) и новой радиохимической лаборатории (1970 г.) производство кобальта предполагается довести до 1 млн. кюри в год. Изготавливаются также сурьмяно-бериллиевые источники нейтронов с выходом 10<sup>7</sup> нейтр/сек. Здесь же выпускаются источники низкой активности из Po<sup>210</sup>,

Pt<sup>204</sup>, Cs<sup>137</sup> и радия Д-Е, медицинские иглы и аппликаторы из Co<sup>60</sup>, гранулы из Au<sup>198</sup>, светосостав на основе трития, Pm<sup>147</sup> и Kr<sup>85</sup>.

Для промышленности в основном разрабатываются различного типа дефектоскопы с источниками из Ir<sup>192</sup>. Изготовлены две самозащитные кобальтовые установки.

Атомный центр в Тромбее связан со многими научно-исследовательскими учреждениями Индии. В центре работает около 8,5 тысяч человек. Первая очередь строительства центра была завершена в 1956 г. Центр полностью содержится на государственные средства. При центре имеется учебный отдел, где ежегодно обучается ~150 человек; основные специальности, по которым проводится обучение, следующие: ядерная физика, радиохимия, металлургия, ядерная электроника.

Интересные работы ведутся по применению радиоактивных изотопов в сельском хозяйстве и биологических исследованиях. Так, в Индийском сельскохозяйственном научно-исследовательском институте (Нью-Дели) и Тромбейском центре за счет генетического отбора после радиационной мутации удалось значительно повысить урожайность злаковых культур. Получены и внедрены новые радиомутантные сорта риса и арахиса. Исследования по применению ионизирующих излучений в биологии проводятся в основном в отделении биохимии и пищевой технологии, входящего в состав биологической группы Тромбейского атомного центра. Облучаются крупные партии картофеля и лука, плодов манго, бананов и томатов с целью удлинения сроков их хранения. Для этих же целей ведутся работы по облучению рыбы и морских продуктов; так, сроки хранения рыбы были увеличены с 7 дней до трех недель. Следует отметить интересное новое направление — облучение мелкой рыбы,



которая перерабатывается на кормовую муку. Отмечено, что после облучения значительно возрастает выход белка при солевой экстракции; такой белок в сухом виде может быть использован как добавка к хлебу и другим продуктам. Ведутся также работы по облучению мяса, сыра и сгущенного молока.

Изучается действие ионизирующих излучений на грибы, вирусы и другие микроорганизмы при радиодезинфекции сельскохозяйственных продуктов.

Одной из основных областей применения радиоактивных изотопов в Индии является медицина, и в частности онкология. В диагностических целях применяются соединения, меченные  $P^{31}$ ,  $Sr^{51}$  и др. Основных противораковых центров в Индии два, один организован при Общендийском институте медицинских наук в Нью-Дели — Радиологический медицинский центр, второй в Бомбее — Радиологический центр им. Тата. В Радиологическом центре им. Тата занимаются организацией службы радиационной безопас-

ности в стране, разрабатываются соответствующие правила работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений.

В Институте фундаментальных исследований им. Та-та, основанном в 1945 г., ведутся исследования в различных областях ядерной физики, микроэлектроники, физики космических лучей, геофизики, молекулярной биологии и т. д. Имеется линейный ускоритель на 3,5 Мэв, кобальтовый облучатель, полугорячая лаборатория и другие экспериментальные установки. При Институте организованы школы математиков и физиков.

Представляют большой интерес также работы, которые ведутся по ядерной спектроскопии, радиохимии, радиационной химии, молекулярной биологии, физике полупроводников и другим направлениям в Институте ядерных исследований им. Саха (Калькутта).

В. КОДЮКОВ

## Дозиметрия при непрерывных производственных процессах радиационной обработки сельскохозяйственных культур

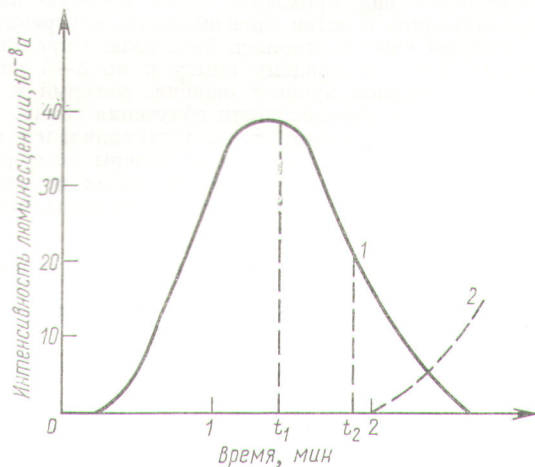
Разработан метод дозиметрии при непрерывных производственных процессах радиационной обработки сельскохозяйственных культур. Предложено применить термолюминесцентные дозиметры на основе алюмофосфатного стекла, активированного марганцем\*. Метод основан на том, что поглощенная стеклом энергия  $\gamma$ -квантов запасается в нем в виде световой суммы люминесценции, которая испускается при нагревании и может быть зарегистрирована. Световой поток термолюминесценции пропорционален дозе ионизирующего излучения, т. е., измеряя световой поток термолюминесценции, можно определить дозу ионизирующего излучения.

Алюмофосфатные стекла с добавками Mn использовались в качестве детекторов в виде полированных прямоугольных стержней размером  $10 \times 3 \times 3$  мм. Свечение термолюминесценции измеряли в специальном нагревательном устройстве термолюминесцентного медицинского дозиметра типа ДТМ-2. На рисунке показана кривая термического высвечивания термолюминесцентного детектора на основе алюмофосфатного стекла с добавками Mn в зависимости от времени нагрева. Интенсивность люминесценции регистрировалась фотоумножителем типа ФЭУ-35, а ток с выхода фотоумножителя измерялся микроамперметром типа М-95 с одновременной регистрацией самоионизирующим прибором постоянного тока типа НЭ73-2.

В связи с тем что в дозиметре типа ДТМ разогрев нагревательного устройства и детектора происходит одновременно, то с увеличением времени нагрева повышается и температура нагревательного устройства и детектора. Как видно из рисунка, по мере возрастания температуры люминесценция детектора увеличивается, достигая максимального значения в некоторый момент времени, а затем уменьшается до полного исчезнове-

ния. На этом же рисунке проведена кривая изменения интенсивности температурного свечения самого нагревательного устройства без детектора.

Для исключения вклада температурного свечения самого нагревательного устройства необходимо включить нагревательный элемент до начала свечения. Момент включения нагревательного устройства  $t_1 < t_{\text{выкл}} < t_2$  практически исключает температурное свечение нагревательного устройства и тем самым улучшает чувствительность дозиметра. Установлено, что термолюминесцентные детекторы позволяют фиксировать интегральную дозу от  $10$  до  $10^4$  рад. Исходя из данных упомянутой работы И. А. Бочвар и др., можно принять, что величина запасенной в стеклах световой суммы не зависит от мощности дозы  $\gamma$ -излучения  $Co^{60}$  вплоть до  $25$  рад/сек. Была исследована чув-



Зависимость термического высвечивания термолюминесцентного детектора на основе алюмофосфатного стекла, активированного Mn, от времени нагрева:

1 — детектор; 2 — свечение нагревательного устройства.

\* О возможности использования термолюминесценции алюмофосфатных стекол для индивидуальной дозиметрии и гамма-терапии см. И. Б. Ке р и м - М а р к у с и др. «Стекло», Бюллетень Государственного института стекла, № 2 (III), 77 (1964); И. А. Б о ч в а р и др. «Атомная энергия», 15, 48 (1963).