

Фоторепортаж В. Короткоручко



«При проведении международного космического проекта «Матрешка-Р» по исследованию уровней радиационного воздействия ионизирующего космического излучения на организм человека были выбраны термолюминесцентные дозиметры на основе LiF типа ДТГ-4 производства Ангарского электролизного химического комбината...» (Карцев, 2008). Вот оно — признание в космическом масштабе!

В 17 номере нашего журнала была опубликована статья «Комбинат №820», посвященная Ангарскому электролизному химическому комбинату (АЭХК). До середины 1980-х гг. комбинат входил в число предприятий, участвовавших в создании ядерного щита нашей Родины. Во второй половине 80-х здесь начали производить топливо для атомных электростанций и детекторы нового поколения. На сегодняшний день комбинат широко известен в нашей стране и за рубежом не только своей уникальной технологией переработки гексафторида урана, но также производством современных монокристаллических детекторов, дозиметров и автоматизированных комплексов индивидуального дозиметрического контроля. За разработку и организацию серийного производства комплекса средств термолюминесцентной дозиметрии внешнего облучения постановлением Правительства РФ № 109 от 2 марта 2005 г. объявлено присуждение премии Правительства РФ 2004 г. в области науки и техники и присвоено звание «Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники» работникам нескольких учреждений, занимавшимся этой проблемой. И в их числе творческий коллектив из АЭХК

Внимание! РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Монокристаллы фторида лития, активированные магнием и титаном, и готовые к использованию детекторы ДТГ-4 на их основе

А. А. КОЗЛОВ, В. Д. БОГДАН-КУРИЛО



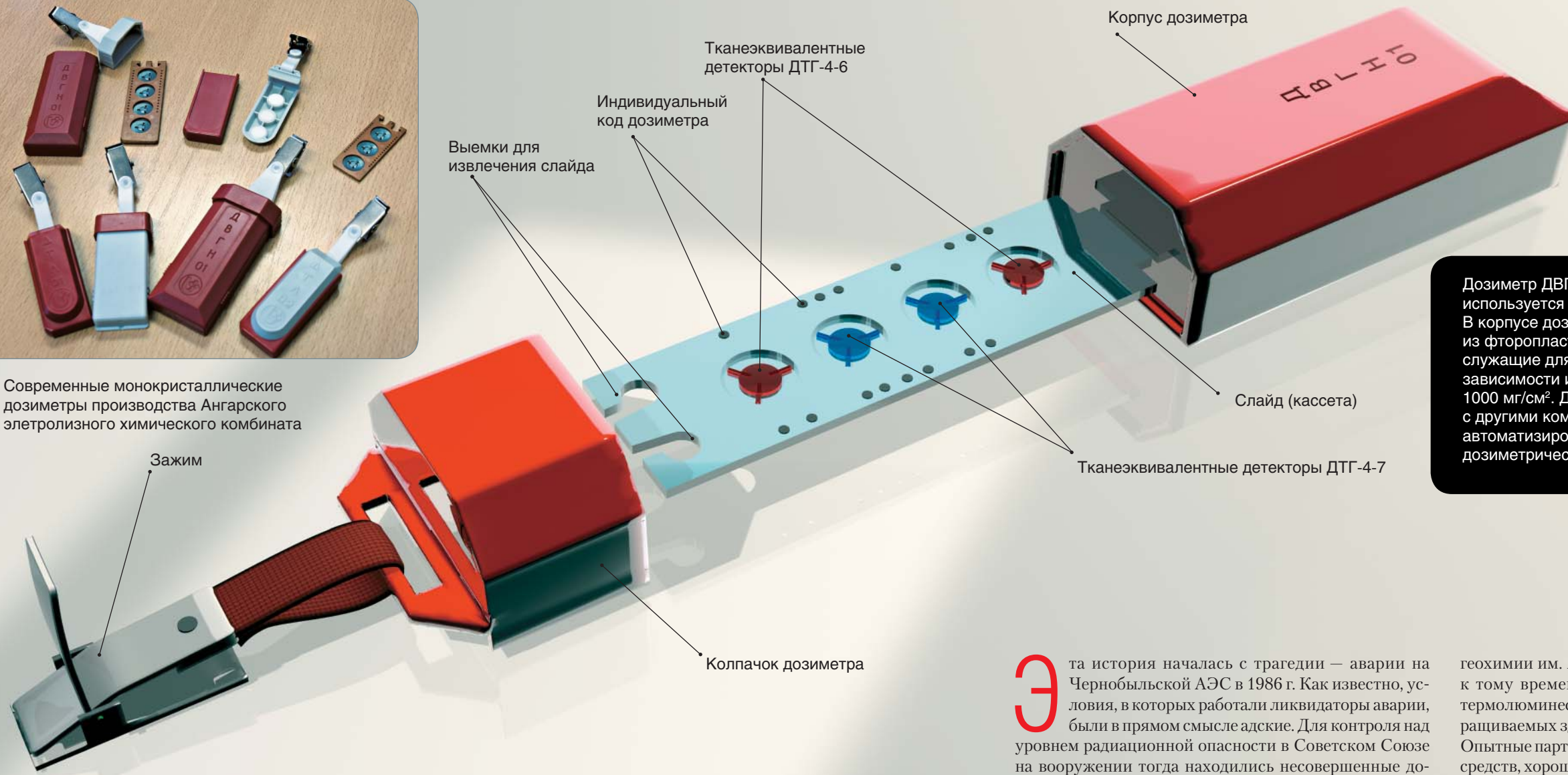
КОЗЛОВ Александр Александрович — кандидат технических наук, заместитель технического директора АЭХК, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, заслуженный эколог РФ



БОГДАН-КУРИЛО Владимир Данилович — начальник специального конструкторского технологического бюро АЭХК, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники



Современные монокристаллические дозиметры производства Ангарского электролизного химического комбината



Дозиметр ДВГ-01 отличается тем, что в нем используется три детектора ДТГ-4 (LiF-Mg, Ti). В корпусе дозиметра располагается также вставка из фторопласта и фильтр из медной фольги, служащие для уменьшения энергетической зависимости и обеспечения эффективной толщины 1000 мг/см². Дозиметры ДВГН-01 и ДВГ-01 вместе с другими комплектующими входят в состав с автоматизированного комплекса индивидуального дозиметрического контроля АКЖДК-301

Дозиметр ДВГН-01 обеспечивает измерение дозы радиационного излучения 1,0 г/см² на глубине в соответствии с действующим ГОСТом. Он размещается на теле человека или на фантоме в контролируемой точке. В дозиметре используются два детектора ДТГ-4-6 (⁶LiF-Mg,Ti) и два детектора ДТГ-4-7 (⁷LiF-Mg,Ti), закрепленные на подложке (никелевой чашке), помещенной в слайд. В крышке слайда располагаются полиэтиленовый замедлитель быстрых и промежуточных нейтронов, борный поглотитель падающих нейтронов и медный фильтр, уменьшающий энергетическую зависимость при измерении фотонного излучения. По краям длинных сторон слайда расположены

отверстия, используемые в качестве шестнадцатиразрядного индивидуального кода дозиметра. Соответствующий коду десятичный номер, нанесенный на тыльную сторону слайда, виден через окно корпуса дозиметра. Чашки из никелевого сплава представляют собой элемент системы нагрева. При считывании информации чашка с детектором помещается напротив индуктора. При пропуске через него переменного тока в чашке за счет электромагнитной индукции возникают вихревые токи, происходит ее разогрев и, соответственно, детектора. При нагревании детектора возникает вспышка света, пропорциональная дозе поглощенного излучения. Таким образом последовательно обрабатываются все детекторы дозиметра

Эта история началась с трагедии — аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. Как известно, условия, в которых работали ликвидаторы аварии, были в прямом смысле адские. Для контроля над уровнем радиационной опасности в Советском Союзе на вооружении тогда находились несовершенные дозиметры, которые проявили себя не с лучшей стороны. А отсутствие надежных детекторов и автоматических считывающих устройств, способных оперативно определять дозу ионизирующего излучения, делали работу ликвидаторов еще более трудной. Государственная комиссия по ликвидации последствий Чернобыльской аварии была создана на следующий год после трагедии. Одним из результатов ее работы стало постановление Совета Министров СССР от 10 ноября 1987 г. (№ 1269—308), в котором отдельной строкой было записано: «Создать в г. Ангарске производство детекторов нового поколения». Почему выбор пал на иркутский регион? В то время в г. Усолье Сибирское на химическом комбинате уже работал цех по производству сцинтилляционных детекторов ионизирующих излучений. А в Институте

геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск) к тому времени были разработаны так называемые термоллюминесцентные детекторы ДТГ-4 на основе выращиваемых здесь же монокристаллов фторида лития. Опытные партии этих детекторов, в отличие от штатных средств, хорошо зарекомендовали себя во время ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Так на территории Ангарского электролизного химического комбината (АЭХК) за три последующих года было создано специальное конструкторско-технологическое бюро (СКТБ) со своим опытным участком, цель которого заключалась в налаживании промышленного выпуска эффективных приборов индивидуального дозиметрического контроля.

Монокристаллическое «сердце» дозиметра

Что же представляют собой детекторы — главная часть дозиметра ионизирующего излучения? Действие всех детекторов основано на ионизации или возбуждении заряженными частицами атомов вещества, за-

полняющего рабочий объём детектора. Прохождение заряженных частиц через вещество сопровождается различными эффектами, в том числе химическими, тепловыми и световыми.

В *сцинтилляционном детекторе* свет, который излучило вещество детектора при поглощении им ионизирующего излучения, собирается на фотоприёмнике, где преобразуется в импульс тока, усиливается и записывается регистрирующей системой.

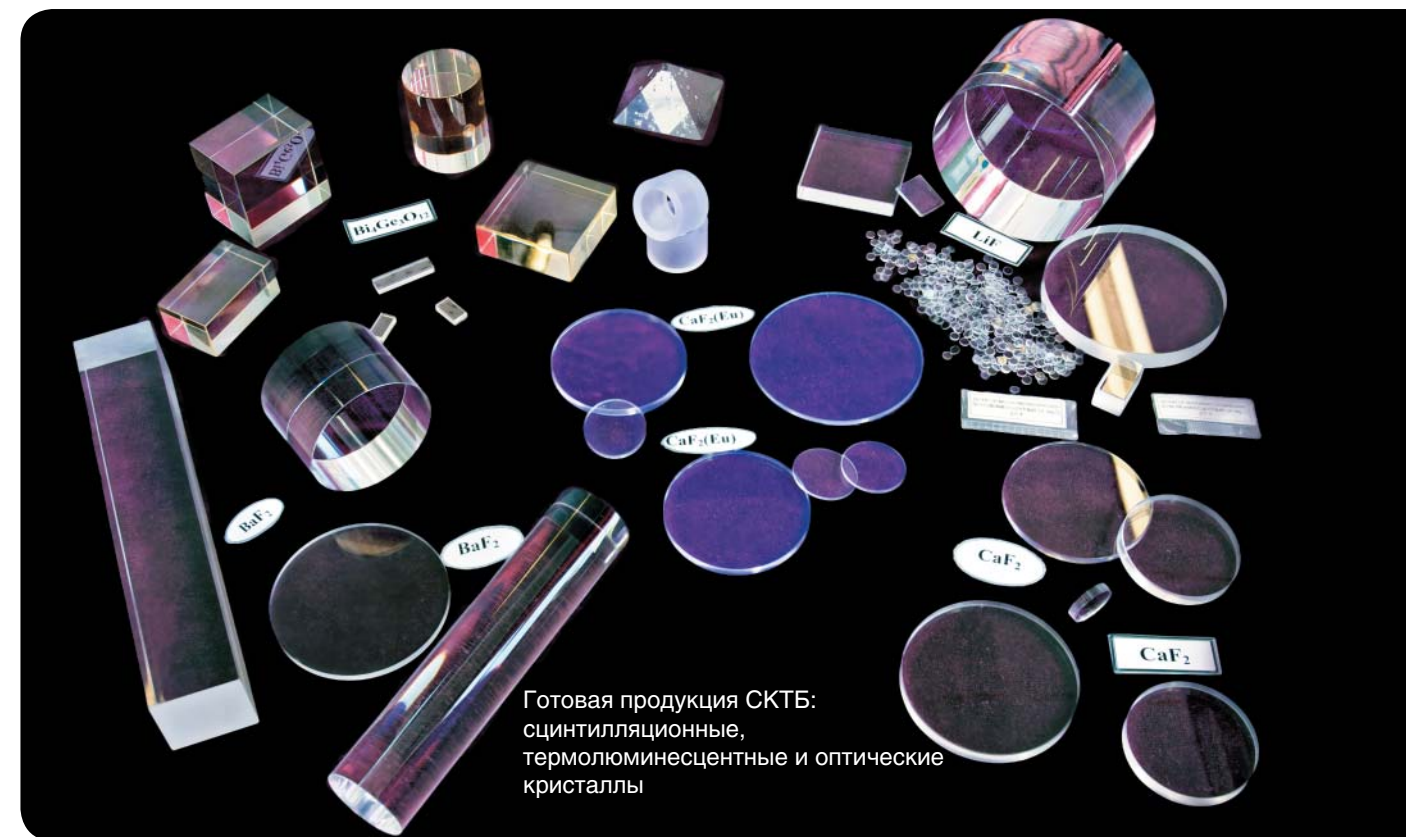
По восприятию ионизирующего излучения ДТГ-4 является эквивалентом биологической ткани человеческого тела. Основными преимуществами данного типа детекторов также является высокая чувствительность, малая погрешность при обработке результатов, освоение серийного производства, приемлемая стоимость, большое количество циклов использования



В лаборатории дозиметрического контроля АЭХК, где установлены дозиметрические комплексы АКЖДК-201 и АКЖДК-301, проводят дозконтроль двух тысяч работников самого комбината и персонала других предприятий Иркутской области. Единственная ручная операция — снятие крышечки с детектора и его установка в приемное устройство считывателя, поэтому для обеспечения работы достаточно двух операторов

Принцип действия *термолюминесцентного детектора* основан на способности некоторых веществ накапливать энергию ионизирующего излучения, а затем при резком нагреве отдавать ее в виде светового излучения (вспышек света), которое регистрируется специальными системами. Таким образом, термолюминесцентный детектор интегрально «запоминает» дозу, полученную человеком, и при нагревании до определенной температуры эту дозу можно «считывать», измеряя силу световой вспышки.

В качестве рабочего вещества термолюминесцентного детектора часто используется фторид лития, активированный магнием и титаном. Под воздействием излучения в нем возникают свободные электроны и «дырки», которые локализуются на ловушках, образованных примесными атомами (магний, титан) в кристаллической решетке фторида лития. Электроны, попавшие в ловушки, могут находиться там длительное время. Их освобождение происходит лишь при нагревании детектора, причем каждый акт освобождения электрона



Готовая продукция СКТБ: сцинтилляционные, термолюминесцентные и оптические кристаллы

сопровождается испусканием кванта света. Количество электронов, захваченных ловушками, а значит, и количество испущенных при нагревании квантов света будет пропорционально поглощенной энергии излучения, воздействовавшей на монокристалл фторида лития.

Фторид литий может при этом находиться в разных видах: прессованном, плавленом или, наконец, монокристаллическом. Чем плох прессованный детектор? Во-первых, он непрочный. Вот пример: до Чернобыльской аварии у нас в СССР изготавливались в промышленных масштабах лишь прессованные детекторы в НИИ люминофоров (г. Ставрополь). Для считывания информации детектор, внешне напоминающий небольшую пуговицу, нужно было извлечь и поместить в считывающее устройство. Автомата для считывания в то время не существовало, что существенно снижало достоверность полученной информации и, соответственно, увеличивало погрешность измерений. К тому же случалось, что информация о дозе облучения терялась, что могло иметь трагические последствия для конкретного человека.

В отличие от прессованного, монокристаллический детектор очень прочен, к тому же не собирает влагу из воздуха, поэтому у него отсутствует погрешность от хемилуминесценции. В настоящее время в мире (США, Китае, Японии и др.) широко используются детекторы

Помимо аппаратуры для дозиметрического контроля СКТБ при АЭХК производит сцинтилляционные, термолюминесцентные и оптические монокристаллы различного состава, которые могут быть использованы для разных целей. Например, оптический монокристалл фторида кальция (CaF_2) обладает отличными механическими, техническими и эксплуатационными характеристиками, что в сочетании с прозрачностью в широком спектральном диапазоне, высокой оптической однородностью и радиационной устойчивостью позволяет использовать его для нужд квантовой и силовой оптики, микроскопии, спектрофотометрии, астрономии, в оборудовании для космических станций и т. д. Сцинтилляционный монокристалл фторида бария (BaF_2) применяется для изготовления быстродействующих и радиационно-прочных детекторов для позитронно-эмиссионной томографии, ядерной калориметрии, гамма-спектроскопии, идентификации заряженных частиц и нейтронов. А сцинтилляционный монокристалл ВГО ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$) используется в детекторах для регистрации гамма-излучения в физике высоких энергий



На участке обработки монокристаллов ДТГ-4 производится первичная разбраковка заготовок детекторов по чувствительности, геометрическим размерам, массе и качеству поверхности

из плавленного фторида лития, которые также мало впитывают влагу, но они, конечно, не настолько «совершенны», как монокристаллы. Дело в том, что технология изготовления последних крайне сложна: иркутские ученые из Института геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН на сегодня единственные в мире, кому удалось вырастить подобные кристаллы. В процессе внедрения в практику эта технология была усовершенствована уже в СКТБ при Ангарском комбинате (на выставке «Брюссель-Эврика» в Бельгии в 1997 г. эта разработка была удостоена Золотой медали).

«Оправа» для детектора

Но даже самый лучший детектор без соответствующей считывающей аппаратуры — как драгоценный

камень без оправы. Поэтому на повестку дня перед разработчиками была поставлена задача создания считывающего автоматического комплекса, с которой они успешно справились. И в настоящее время АЭХК — единственное в России предприятие, производящее подобные дозиметрические комплексы; что же касается монокристаллических дозиметров — то единственное и в мире.

Таким образом, помимо более «привычных» дозиметров для наручных считывателей на АЭХК сегодня выпускается гордость разработчиков — *автоматизированные комплексы индивидуального дозиметрического контроля* (АКИДК-201 и АКИДК-301). Нужно добавить, что за разработку этой аппаратуры создатели получили Золотую медаль на всемирной выставке в Женеве в 2003 г.

АКИДК-301 предназначены для измерения индивидуального эквивалента дозы в смешанных гамма-нейтронных полях (в комплекте с дозиметром ДВГН-01) и в полях фотонного излучения (в комплекте с дозиметром ДВГ-01). Их используют для индивидуального дозиметрического контроля персонала атомных станций, радиохимических производств, а также населения в неблагополучных районах.

В состав комплекса входят термолюминесцентный считыватель, дозиметры, компьютер, принтер. Следует заметить, что для такой установки нужно было разработать и особую конструкцию дозиметра, в том числе узла, в котором с помощью «усиков» надежно закреплены прозрачные «пуговицы» детекторов. И качество этой конструкции оказалось высоким.

Сама считывающая аппаратура невелика (чуть больше компьютера), зато умеет многое. После того как корпус дозиметра со слайдом установлен в ее приемник, она автоматически их нагревает и считывает интенсивность светового излучения. С помощью специальной разработанной программы производится расшифровка информации — величины дозы радиационного облучения, полученной владельцем дозиметра. После считывания информации детектор можно использовать снова. Комплекс поставляется в комплекте с дозиметрами: к одному прибору их может прилагаться до 10 тысяч!

В дозиметре ДВГН-01 в качестве детекторов используются монокристаллы на основе фторида лития, активированного магнием и титаном — ДТГ-4-6 и ДТГ-4-7. Детекторы ДТГ-4-6, изготовленные из обогащенного по шестому изотопу лития, позволяют регистрировать фотонное и нейтронное излучение, а детекторы ДТГ-4-7 (из лития, обогащенного по седьмому изотопу) — только фотонное излучение. По разнице между измерениями, полученными от разных детекторов, можно определить величину дозы нейтронного излучения.

Планы и перспективы

Правительство РФ высоко оценило работу коллектива Ангарского электролизного химического комбината, производство которого отвечает самому современному уровню развития техники и безопасности человека. Но производители и разработчики дозиметрической техники не собираются почивать на лаврах. В СКТБ не только ведется непрерывная работа по совершенствованию уже существующей аппаратуры, но и разрабатывается новое уникальное оборудование.

Например, сегодня АЭХК совместно с Институтом геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН и Байкальским институтом природопользования СО РАН создает автоматизированный комплекс, предназначенный для определения индивидуальных эквивалентных доз слабопроникающего излучения в коже и хрусталике глаза. Аналогов такой аппаратуры фактически не существует, а необходимость в ней возникла в связи с Требованиями ныне действующих Норм радиационной безопасности. Особенность этой работы заключается в том, что измерения необходимо делать в очень тонком слое, имитирующем чувствительный кожный покров человека. Аналогом кожи может стать полиамидная пленка, в состав которой включен борат магния, активированный диспрозием.

Кроме того, сегодня в СКТБ идет работа над радиометром, который будет измерять загрязненность почвы, металлолома и т. д. И хотя приборы такого типа разрабатываются во многих странах, наши производители надеются, что их разработки окажутся лучшими для российских условий. И надо сказать, что для этого есть все основания, недаром в течение более 15 лет АЭХК с успехом удерживает лидирующие позиции в производстве очень сложной и наукоемкой продукции.



Под воздействием радиационного облучения во фториде лития образуются несколько типов центров окраски, что значительно расширяет область применения этих монокристаллов

Литература

Иванов В. И., *Дозиметрия ионизирующих излучений*. М. — 1964.
 Карцев И. С. *Измерение поглощенной дозы в условиях космических полетов // Ядерные измерительно-информационные технологии*. — 2008. — № 1.
Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) СП 2.6.1.758-99.
 Патент № 2091514 на изобретение «Способ получения термолюминесцентных детекторов». Москва 27 сентября 1997 г.
 Патент № 2174240 на изобретение «Термолюминесцентный дозиметр» Москва 27 сентября 2001 г.
www.aecc.ru — Сайт Ангарского электролизного химического комбината.