

## Радиационная обработка натурального латекса

*В рамках региональной программы МАГАТЭ для стран Юго-Восточной Азии и бассейна Тихого океана разработана новая технология*

**З**а последние 5 лет значительный прогресс был достигнут в области создания нового каучукового материала с использованием радиационной технологии, которая сулит большую выгоду промышленности стран Юго-Восточной Азии и бассейна Тихого океана. Движущей силой разработки проекта были скоординированные исследования, проводившиеся в рамках международной программы МАГАТЭ и Программы развития ООН (ПРООН), известной как Региональное соглашение МАГАТЭ о сотрудничестве (РСС).

Данная технология называется радиационной вулканизацией натурального латекса, или RVNRL. Она основана на использовании гамма-излучения высокой энергии (в ней также могут использоваться пучки электронов), инициирующей вулканизацию, т.е. процесс, с помощью которого осуществляется химическая связь молекул, придающая каучуку эластичность и прочность. Как и в случае с другими процессами промышленного применения излучений, получаемая продукция не является радиоактивной.

Благодаря использованию в процессе RVNRL энергии излучения отпадает необходимость в процессах, основанных на применении серы, и получается материал, который сохраняет все свойства продукта, получаемого с помощью традиционных методов. Однако эта технология обладает и некоторыми дополнительными примечательными свойствами: отсутствие канцерогенных нитрозоаминов; чрезвычайно низкая цитотоксичность; отсутствие окисей цинка и серы; и высокая прозрачность и мягкость.

Г-н Макучи работает в Японском атомно-энергетическом научно-исследовательском институте (JAERI) Центра радиохимических исследований в Такасаки, Япония, а г-н Маркович является штатным сотрудником Отдела физических и химических наук МАГАТЭ.

Эти свойства очень важны для многих изделий, в частности, катетеров, защитных перчаток и других медицинских и госпитальных материалов. Учитывая такие области применения, очень важно, чтобы изделия не содержали загрязнителей, а также токсичных и канцерогенных компонентов, чтобы избежать их вредного воздействия на людей. В силу ужесточения требований, предъявляемых к безопасности такой продукции, RVNRL является технически и экономически конкурентоспособной альтернативой существующего процесса вулканизации.

К. Макучи  
и В. Маркович

### Региональное сотрудничество

Потенциальная возможность использования излучений для вулканизации натурального латекса была признана очень давно. Еще в 50-х годах в некоторых странах, включая Великобританию, Японию, Францию, СССР, Польшу, Индию и Индонезию, проводились исследования в этой области. Параллельно были разработаны методы радиационной сшивки материалов, которые успешно применялись в промышленности, в том числе и для изготовления кабелей и проводов. Промышленность была готова применять радиационную технологию, если она могла обеспечить производство изделий более высокого качества при приемлемой стоимости.

Однако RVNRL довольно медленно пробивала себе дорогу, хотя основы данного процесса были давно уже разработаны. По качеству конечная продукция не уступала изделиям, обработанным с помощью обычной технологии, однако ее экономические показатели не были столь привлекательными, чтобы оправдать капиталовложения в новую технологию.

Интерес к этой технологии вновь возник в 1982 г. после начала реализации



Детские надувные шарики принадлежат к числу резиновых изделий, опытные партии которых производятся в Таиланде с использованием технологии радиационной вулканизации. (Предоставлено: AECL)

регионального проекта МАГАТЭ/ПРООН по промышленному применению изотопов и излучений. С самого начала использования излучений для вулканизации натурального латекса стало частью данной программы в силу двух основных причин:

- данный регион является самым крупным поставщиком натурального латекса;
- страны данного региона осуществляли политику развития экспорта конечной продукции и полуфабрикатов, а не только сырья.

В настоящее время стоимость радиационных источников и издержки процесса облучения значительно снизились по сравнению с уровнем 20–30-летней давности. В ряде отраслей промышленности радиационные технологии занимают прочное место, например, радиационная технология стерилизации медицинских изделий, сшивки материалов или радиационного отверждения.

Более того, некоторые страны региона обладают сильным научно-исследовательским потенциалом в области технологии производства натурального латекса; ей не хватает лишь радиационной составляющей.

В рамках Регионального проекта сотрудничества были объединены возможности отдельных стран, причем ожидалось, что в первую очередь он будет направлен на развитие самой технологии и лишь затем окажет содействие ее передаче промышленности.

### Развитие технологии

В 1983 г. в Центре применения изотопов и излучений (CAIR) Национального агентства по атомной энергии Индонезии в Джакарте была построена опытная установка. В течение 1983–1986 гг. эта установка использовалась для подготовки исследователей в области каучука и демонстрации основных возможностей технологии представителям промышленности.

В 1986 г. по завершении начального этапа МАГАТЭ приступило к реализации комплексной программы развития технологии, основной целью которой было снижение стоимости облучения и повышение качества конечной продукции. Данные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) координировал Японский атомно-энергетический научно-исследовательский институт (JAERI) Центра радиохимических исследований в Такасаки (TRCRE). В этой программе приняли участие группы исследователей из Китая, Индонезии, Малайзии, Шри-Ланки и Таиланда. Частично эта работа велась в национальных институтах государственных участников и лабораториях TRCRE с привлечением стажеров-стипендиатов из тех же самых стран. Ученые, принимавшие участие в этом проекте, следили за достигнутым прогрессом на регулярных заседаниях.





### Натуральный латекс

Натуральный латекс является одним из наиболее важных сырьевых материалов, используемых для производства медицинских и целого ряда бытовых и промышленных изделий. Его получают в виде сока гевеи *Hevea Brasiliensis* семейства *Euphobiaceae*. Как видно из названия дерева, его родиной являются леса Бразилии. Оно успешно прижилось в условиях Юго-Восточной Азии и некоторых районов Африки. Только две страны – Малайзия и Индонезия – обеспечивают около 85 % всего мирового производства натурального латекса или почти полмиллиона тонн латекса в сухом весе.

Натуральный латекс собирают на плантациях, затем его концентрируют, стабилизируют и отправляют на промышленные предприятия для обработки. Обработка включает в себя вулканизацию, в процессе которой осуществляется химическая связь отдельных органических молекул для создания сшитой резиноподобной структуры, которой с помощью различных методов придается форма конечного изделия. Один общий метод называется „окунанием“,

благодаря которому латекс обволакивает форму и после сушки при повышенных температурах сохраняет желательную форму и эластичность при комнатной температуре. При высоких температурах материал разрушается, а при очень низких – становится хрупким.

На изготовленные с помощью такого метода изделия уходит примерно 70 % всего производимого натурального латекса. Основная часть такого латекса идет на изготовление перчаток (хирургических, хозяйственных и других), детских воздушных шариков, презервативов, катетеров и других изделий, которые должны отвечать высоким гигиеническим требованиям. В наибольших масштабах из натурального латекса изготавливаются перчатки для медицинских осмотров – около 12 млрд. пар ежегодно. Растущее беспокойство по поводу безопасности медицинских работников и пациентов привело к расширению рынка сбыта таких перчаток, и ожидается, что спрос на них заметно возрастет и в развивающихся странах.

На начальном этапе своего развития в 50-х годах технология RVNRL основывалась на использовании тетрахлорида углерода в качестве радиационного сенсбилизатора. Процесс, однако, имел два важных

недостатка: 1) высокая стоимость облучения (нужно было использовать поглощенные дозы порядка 40 кГр, которые снижали эффективность использования излучений и, следовательно, повышали стоимость); и



2) токсичность радиационного сенсibilизатора, который обязательно остается в конечном продукте в виде добавки.

Аналогичным образом, остаточным продуктом современного традиционного процесса с использованием серы являются дитиокарбаматы, представляющие собой токсичную и потенциально опасную добавку. Цитотоксичность и наличие нитрозоаминов во все возрастающей степени рассматриваются в настоящее время как опасные факторы, связанные с изделиями из натурального латекса. Некоторые страны ввели строгие правила, регулирующие содержание этих веществ в определенных категориях изделий, в частности, в медицинских устройствах и изделиях, используемых маленькими детьми, например, резиновые соски и пустышки. Озабоченность также вызывает и наличие нитрозоаминов на производственных площадках, где они представляют потенциальную опасность для здоровья рабочих.

Первым и наиболее важным достижением в рамках этой региональной программы было открытие нового радиационного сенсibilизатора – n-бутилакрелата (NBA). Небольшие количества этой добавки (около 5 частей на 100) снижали необходимую поглощенную дозу с 30–40 кГр примерно до 12 кГр. Этот фактор явно положительно повлиял на экономические показатели процесса.

Кроме того, благодаря анализу свойств исходного материала был идентифицирован наиболее подходящий для этого процесса латекс. Исследования также показали, что некоторые элементы процесса, например, контролируемый нагрев и выщелачивание, еще больше повышают свойства конечного продукта.

Как и ожидалось, анализ изделий, изготовленных с использованием технологии RVNRL, не выявил содержания в них нитрозоаминов и указал на очень низкий уро-

вень цитотоксичности. Кроме того, изделия не содержат окиси серы или цинка. Это имеет очень важное значение в тех случаях, когда конечное удаление путем сжигания неприемлемо из-за наличия серы.

### Области применения RVNRL

Совершенно очевидно, что изготовление резиновых изделий медицинского и гигиенического назначения является наиболее перспективной областью применения технологии RVNRL в силу отсутствия канцерогенных и токсичных продуктов. Радиационная технология может легко удовлетворить эти важные требования, и в настоящее время в этой области ей нет альтернатив. В рамках программы развития данной технологии в различных центрах-участниках программы сейчас организовано опытное производство различных изделий, например, презервативов, перчаток, сосок, пустышек и детских воздушных шариков. Опытное производство презервативов и перчаток для медицинских осмотров налажено в Индонезии. Ведется интенсивное испытание изделий в различных полевых условиях.

В Таиланде Бкро по мирному использованию атомной энергии приступило к реализации совместного с местными фирмами-производителями проекта опытного производства детских воздушных шариков с использованием технологии RVNRL. Подготовка натурального латекса осуществляется в Тайском центре облучения в Бангкоке.

Для вулканизации были специально спроектированы дешевые облучательные установки, а также определены основные параметры оценки издержек производства и проведения технико-экономического обоснования.

Учебные курсы, включающие демонстрацию технологии радиационной вулканизации, являются частью региональной деятельности МАГАТЭ в Юго-Восточной Азии; на фотографии вы видите момент обучения на учебных курсах в Джакарте.



Однако до настоящего времени данный процесс не получил широкомасштабного применения. Частично это обусловлено тем, что он представляет собой новейшую технологию, которая недостаточно хорошо известна в промышленных кругах, а также тем, что во многих странах в существующих нормативных документах пока еще не установлены жесткие стандарты безопасности и безвредности некоторых важных изделий из натурального латекса. В Японии эта технология нашла промышленное применение в двух областях: для изготовления защитных перчаток, используемых при работе с радиоактивными материалами, и резиновых загубников для оптических лазерных эндоскопов, используемых для проведения медицинских обследований.

#### Передача технологии

В рамках регионального проекта осуществляется передача технологии RVNRL промышленности.

Связанная с этим деятельность включала в себя международный симпозиум, проходивший в 1989 г. в Токио и Такасаки; он был организован JAERI при сотрудничестве МАГАТЭ. Около 60 участников из 15 стран провели на нем анализ состояния технологии (материалы симпозиума были опубликованы JAERI в Японии). Кроме того, в целях оказания содействия обмену информацией и передаче технологии проводятся организуемые МАГАТЭ региональные и национальные семинары и учебные курсы.

В будущем усилия будут сфокусированы на технических аспектах технологии RVNRL, а также на фундаментальных исследованиях.

Уже установлено, что применение данной технологии является безопасным и максимально уменьшает опасность для окружающей среды. Она экономически приемлема в условиях широкомасштабного применения. Кроме того, ее, в частности, удобно использовать на контрактной основе, когда услугами крупной облучательной установки смогут пользоваться несколько небольших фирм-производителей.