

Когда в конце 1940-х годов бакалавр-химик Стефани Кволек устраивалась на временную работу, чтобы накопить денег и реализовать свою мечту – выучиться на врача, она вряд ли могла представить, что нет ничего более постоянного, чем временное, что она останется на работе в «Дюпон» на следующие 40 лет. И хотя Кволек не стала врачом, она спасла много жизней, спасает их и сейчас, и спасет в будущем – а все благодаря созданному ей материалу, коренным образом изменившему представления людей о возможности полимеров.

В 1946 двадцатитрехлетняя Стефани (Stephanie Kwolek) Кволек получила степень бакалавра химии в колледже Маргарет Моррисон Карнеги Университета Карнеги – Меллон. Кволек планировала стать врачом и надеялась, что сможет скопить денег на медицинское образование за счёт подработок в химической области. Она нашла работу в компании Дюпон, лозунгом которой в то время было «Лучшие вещи для лучшей жизни с помощью химии». Работа Кволек в Дюпон оказалась очень продуктивной, она втянулась в исследования, забыла о карьере врача и проработала в Дюпон до выхода на пенсию в 1986 году, и после пенсии и до сих пор остается консультантом компании Дюпон.

В 1964 году, в ожидании нефтяного дефицита в США, исследователи из группы Кволек начали искать лёгкое, но прочное волокно, которое могло бы использоваться для увеличения прочности, а, следовательно – и долговечности автомобильных и велосипедных протекторов.

Кволек решила, что волокна нужного свойства могут быть получены на основе полиамидов, одним из представителей которых был уже изобретенный в то время, и известный всем сейчас нейлон-6, в котором амидные фрагменты связаны гибкой цепью. Кволек решила заменить структурно гибкий фрагмент из шести атомов углерода на жесткую плоскую шестиугольную ароматическую систему. Благодаря ароматической или ареновой группе, появившейся в основной цепи полимера, новые материалы получили название **арамида**.

Полученные в группе Кволек арамиды вели себя необычно, образуя мутные растворы с небольшой вязкостью, в то время как известные к тому времени полимеры хорошо растворялись, давая прозрачный и вязкий раствор. Плохая растворимость арамидов говорила о сложностях, связанных с переработкой этих материалов, и первоначально проект по применению арамидов в качестве материалов для увеличения долговечности конструкционных материалов руководство Кволек хотело свернуть.

Однако Кволек умела отстаивать результаты собственной работы. Ей удалось убедить коллег получить волокна из опытных образцов арамидов. Оказалось, что эти волокна обладают уникальными свойствами – их прочность на разрыв в пять раз превышала аналогичные параметры стали, при этом материал был легче стекловолокна. Дюпон быстро капитализировала технологию создания нового материала, запатентовав его под названием «кевлар». К 1971 году были получены первые изделия из кевлара. Кволек, однако, не принимала активного участия в разработке способов применения кевлара и изделий из него.

За счет чего достигается столь уникальная прочность кевлара? Каждая макромолекула, образующая линейную цепь, связана с другими такими же нитями полимера, располагающимися поблизости от нее за счет таких прочных межмолекулярных взаимодействий, как водородные связи (добавим, что именно водородные связи приводят к тому, что всем известная нам вода при комнатной температуре представляет собой жидкость и кипит при 100 градусах в то время как более тяжелые аналоги воды – серо- и селеноводород при комнатной температуре уже газообразны).

Водородные связи, возникающие в кевларе, образуются между противоположными амидными группами, а точнее атомами водорода фрагмента NH и атомами кислорода фрагмента CO – именно такой тип водородной связи также ответственен за устойчивость полиамидов природного происхождения – молекул белка.

Дополнительно прочность кевларовых нитей обеспечивается еще одним типом межмолекулярных взаимодействий – стекинг-

взаимодействием параллельно ориентированных бензольных колец арамида (кстати, стекинг-эффект участвует в стабилизации вторичной структуры других природных биомолекул – нитей ДНК). Сочетание двух этих типов межмолекулярных взаимодействий и обеспечивает высокую прочность на разрыв кевлара, в конечном итоге обеспечивающую его практическое применение.

Кевлар используют как армирующее волокно в композитных материалах, которые получают прочными и лёгкими. Кевлар используется для армирования автомобильных покрышек и медных и волоконно-оптических кабелей (нитка по всей длине кабеля, предотвращающая растяжение и разрыв кабеля), в диффузорах акустических динамиков и в протезно-ортопедической промышленности для увеличения износостойкости частей углепластиковых стоп. Кевларовое волокно также используется в качестве армирующего компонента в смешанных тканях, придающего изделиям из них стойкость по отношению к абразивным и режущим воздействиям, из таких тканей изготавливаются, в частности, защитные перчатки и защитные вставки в спортивную одежду (для мотоспорта, сноубординга и т. п.). Также он используется в обувной промышленности для изготовления антипрокольных стелек. В последнее десятилетие кевлар получил распространение в судостроении. Его применяют выборочно – только в килевой части или по швам. Однако, несмотря на исключительные механо-физические свойства кевлара, его химически он не так устойчив – облучение ультрафиолетом приводит к быстрому разрушению кевлара, и для эксплуатации кевларовых изделий вне помещений на них необходимо наносить покрытие, защищающее материал от солнечного света.

Механические свойства материала делают его пригодным для изготовления средств индивидуальной бронезащиты – бронежилетов и бронешлемов. Исследования второй половины 1970-х годов показали, что волокно марки кевлар-29 и его последующие модификации при использовании в виде многослойных тканевых и пластиковых (тканевополимерных) преград показывает наилучшее сочетание скорости поглощения энергии и длительности

взаимодействия с ударником, обеспечивая тем самым относительно высокие, при данной массе преграды, показатели противоположной и противоосколочной стойкости. Это одно из самых известных применений кевлара, которое спасло тысячи жизней. Существует даже легенда про полицейского, который пришел в гости к Кволек и попросил ее оставить автограф на бронежилете, остановившем предназначавшуюся для него пулю.

Вклад Стефани Кволек в науки о материалах оценили не только охранники правопорядка. В 1995 году она стала четвертой женщиной, принятой в Национальный зал славы изобретателей США, в 1996 году получила Национальную медаль технологии США, в 1997 году получила медаль Перкина от Американского химического общества, а в 2003 году была принята в Национальный зал славы женщин.

Итак, когда Стефани Кволек начала свое исследования, желая получить подходящие волокна для армирования автопокрышек, никто не подозревал, как повлияет ее работа на теорию и практику науки о материалах, и что именно эта женщина станет самым известным мастером-бронником для персональной брони XX века. Сложно представить, что бы произошло, если бы она, накопив необходимую сумму, все таки решила бросить химию и уйти в медицину.