значении электропроводящих

материалов для лечения и по-

вышения качества жизни людей

с хроническими заболевания

ми. Электроды, зонды и другие девайсы, имплантируемые в тот или иной орган, регулируют его функции, информируют о состоянии пациента. В них, как правило, используют коррозионностой-

кие платину и иридий. Помимо опасности механических травм и

биологической несовместимости с тканями организма, возникает

нестыковка иного рода: металлы проводники электронного типа,

а в биологических объектах ток переносится ионами. Как след-

ствие на интерфейсе металл-биообъект повышается сопротивле-

ние, возможны нежелательные электрохимические реакции с

образованием токсичных соеди-

Электропроводящие полимеры - проводники смешанного

типа: ионного и электронного;

по механическим свойствам они также гораздо ближе к биообъектам, чем металлы. В зависимости от назначения можно

придавать им плотную либо по-

ристую структуру, менять сорб-

ционные свойства, вводить в их

состав биологически активные

вещества для стимуляции ро-

ста поврежденных тканей. На-

копленный в лаборатории опыт

по формованию волокон, в том

числе композиционных, содер-

жащих наночастицы хитина, ком-

понентов костной ткани, угле-

родные нанотрубки, стал базой

для исследований и разработок

Актуальную помощь медици-

не тканевая инженерия может

оказать при регенерации пери-

ферических нервов, утраченны

или поврежденных вследствие

процессам, в частности, диффу-

зии ионов кальция, калия и маг-

ния, аминокислот, необходимых

в рамках нового проекта.

нений.

новейшего оборудования, такно, жизнь лаборатории еще на два года. А в 2019 году она уже же приобретенного на средства гранта РНФ, и тесного взаимов статусе лаборатории мирового уровня получила четырехлетний действия с научными и медицинскими учреждениями Санкт грант РНФ на реализацию про-Петербурга. В их числе Институт екта «Электропроводящие полицитологии РАН, Медицинский мерные материалы для тканевой университет им И.П.Павлова инженерии», ставший для нее по-НМИЦ травматологии и орто истине мостом в будущее. педии им. Р.Р.Вредена. Наконец Теперь на лекциях и лабопоявилась возможность опла раторных семинарах В.Юдин чивать кропотливые, длиной непременно делает акцент на

на животных Для создания матриц с прогнозируемым сроком резорбции (он не должен быть ни кратким,

полтора-два года эксперименть

Благодаря гранту РНФ удалось объединить в рамках одной лаборатории опыт специалистов академической науки с энтузиазмом и творческим потенциалом молодежи.

Аркадий СОСНОВ

Для пользы тела

Тканевая инженерия верно служит медицине



аведующий лабораторией «Полимерные материалы ля тканевой инженерии и трансплантологии» Занкт-Петербургского Политехнического университета

• Помните изображение витрувианского человека Леонардо да Винчи? На своих лекциях в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого заведующий лабораторией «Полимерные материалы для тканевой инженерии и трансплантологии» профессор Владимир Юдин показывает студентам похожую картинку: силуэт человека, только он напичкан всевозможными имплантатами. Шовные нити, костные пластины, искусственные сухожилия, сердечный клапан, хрусталик глаза, коленные чашечки, позвоночные диски из металла и сплавов, керамики, полимеров - настоящий киборг! Вся эта начинка призвана заменить изношенные или поврежденные части тела, не причинив организму ущерба. Создание таких биодублеров - задача, безусловно, творческая (речь-то идет о сотворении человека), а значит, амбициозная. Не случайно, что вдохновленные лекто-

ром студенты приходят к нему

в лабораторию, где их ждет погружение в научную среду, с экспериментами на современном оборудовании и возможностью проверить результаты in vivo, на полопытных животных. При этом вуз разрешает студентам проводить в лаборатории два, а на старших курсах и три дня в неделю, обретая и закрепляя навыки обращения с полимерными материалами и клеточными структурами - элементами тканевой

Сам В.Юдин признается, что довольно долго присматривался к этой тематике, искал возможности плавного перехода от волокнистых композиционных материалов, которым были посвящены его кандидатская и докторская диссертации, защищенные в Институте высокомолекулярных соединений РАН, к биополимерам и композитам на их основе, значимым для медицинской практики. Сохраняя преимущества металлов и керамики, они могут обладать такими столь ценными качествами, как биосовместимость и резорбируемость (разлагаемость в организме под влиянием биологически активной среды). Последнее, например, чрезвычайно важно для шовных нитей.

Впрочем, была и веская личная причина повернуться в сторону медицины: члены семьи ученого - старшая сестра, племянница, дочка, зять - врачи. Так что эффективность различных биоматериалов обсуждается не только на лабораторных семинарах, но и в семейном кругу. Особенно увлекла В.Юдина

перспектива формировать из биоразлагаемых полимеров тканеинженерные конструкции, или скаффолды (от английского scaffold - "каркас", "шаблон") для имплантации в живую ткань. Скаффолд - полимерная матрица с вырашенными на ней клетками. Ее внедрение в организм решает ряд проблем, в т. ч. этического свойства: уже не требуются донорские органы, снижается вероятность осложнений, вызванных аутоиммунной реакцией на трансплантат. Инжиниринг гканевых конструкций немыслим без глубокого знания физики и химии, цитологии, биофизики и медицины, и все эти дисциплины преподают в Политехническом. Потому и возник гармоничный альянс с университетом, приведший весной 2014 гола к созланию на средства гранта РНФ лаборатории «Полимерные материалы для тканевой инженерии и трансплантологии». Сначала она была в составе кафедры медицинской физики, а ныне логично вписалась в Высшую школу биомедицинских

систем и технологий СПбПУ.

успели в наполнении скаффолдов волокнами, пленками, пористыми губками. И доказали, что эти одно-, двух-, трехмерные матрицы - прообразы нервной, мышечной, костной ткани и сосудов - могут успешно приживаться в организме именно за счет биосовместимости. Так, для замешения фрагмента кровеносного сосуда обычно используются трубки из фторсодержащих полимеров, инертные по отношению к тканям сосудов и компонентам крови. Однако места контакта подобных материалов живой тканью уязвимы. В лаборатории были разработань трубчатые образцы из резорбируемых полимерных нановолокон, которые формируют стенки сосуда. В ходе доклинических испытаний их имплантировали в брюшную аорту крысы, где они замешались соединительной тканью и эндотелием, предохраняющими от тромбозов. Вновь образованные стенки трубок содержат капилляры и нервную

В.Юдин с сотрудниками пре-

кровеносного сосуда. Благодаря гранту РНФ в структуре лаборатории был сформирован «клеточный кластер», что позволяет сотрудникам непосредственно на месте, а не на стороне заниматься не только полимерными матрицами, но и заселением их клетками, стволовыми или соматическими, проверять полученные материалы на клеточную совместимость и далее применять в качестве имплантатов органов либо их частей. Развитие этого направления было бы невозможно без

ткань, необходимые для нор-

мального функционирования

выбран, в частности, хитозан Этот родственник хитина, распространенного в природе полисахарида. Он отличается биосовместимостью, бактерицидными свойствами, отсутствием токсичности и аллергенности. На его основе в лаборатории ведутся разработки раневых покрытий противоожоговых препаратов систем доставки лекарств, костных имплантатов, хирургических шовных нитей, кровеостанавливающих материалов. Продукты резорбции полимера безопасны для организма, более того, спо собствуют регенерации окружающих тканей. Параллельно получены прочные и эластичные нанокомпозитные пленки из хитозана, не уступающие экологич ным упаковочным материалам.

- Но главное, - подчеркивает профессор В.Юлин. - благоларя гранту РНФ удалось объединить в рамках одной лаборатории опыт специалистов академической науки с энтузиазмом и творческим потенциалом молодежи. Студентам и аспирантам интересно и престижно работать на современной технике, публи коваться в рейтинговых журналах, посещать международные конференции. Они получают не плохую надбавку к стипендии, так что могут целиком отдаться работе в лаборатории, а вполси лы в науке успеха не добьешься.

Творить бы и радоваться, но по мере завершения проекта, а с ним и финансирования, сотрудникам становилось все тревожнее: что дальше? К счастью, исследования набрали ход, и Фонд решил их поддержать, продлив действие гранта и, соответствен

ни слишком протяженным) был

травм, нейродегенеративных заболевани типа Альцгеймера и Паркинсона, знакомых многим радикулитов. Для этого в лаборатории придумали и применяют специальные трубки из электропроводящих полимерных волокон - кондуиты. Суть метода в том. что концы разорванного нерва помещают с противоположных сторон в кондуит. Его электропроводность позволяет передавать импульсы от одного конца поврежденного нерва к другому, постепенно сближать их и соединять. При этом кондуит, как футляр, изолирует разорванные концы от окружающей биологической среды, предотвращая проникновение инородных по отношению к проводникам нервных импульсов (аксонам) других клеток, препятствующих процессу иннервации. Еще один важный нюанс - пористые стенки кондуитов способствуют обменным

для эффективного направленно го роста нервной ткани. В итоге формируется утраченный фрагмент ткани, по структуре и свойствам идентичный ткани реципиента, а кондуит благополучно разлагается. Такие эксперименты сейчас проволятся на полопытных животных совместно с кафедрой нейрохирургии ВМА им. С.М.Кирова.

Не менее актуальная задача проекта - разработка принципиально нового класса раневых покрытий: достаточно эластичных для того, чтобы воспроизводить рельеф поверхности раны, споинститутом им. Г.И.Турнера. Но и это не все: исследуются возможности применения элек-

тропроводящих полимеров и

композитов для регуляции пове-

дения клеток, чувствительных к электрическим сигналам. Кроме традиционно считавшихся таковыми (нервные, мышечные, клетки миокарда) это клетки костной и соединительной тканей, кожных покровов, роговицы. Воздействуя на них с помощью электропроводящих конструкций и внешних электрических сигналов, можно восстанавливать це-

электростимуляции на поведение и жизнедеятельность соматических, стволовых и раковых культур клеток, а также на подавление роста бактерий.

Решить эти задачи помогает присуший тканевой инженерии междисциплинарный подход. недаром в состав лаборатории входят биологи, медики, физики, химики, материаловеды. Тон задает, как вновь отмечает В.Юдин, молодежь. Тем более что по условиям гранта ее должно быть не менее 40% от обшей численности коллектива. Каждый студент

числе после термических ожо

лаборатории весьма заинтересован индустриальный партнер проекта компания ООО «Новотех», которая совместно с фондом «Сколково» планирует заняться разработкой биорезорбируемых хирургических материалов. Партнер намерен использовать разработки лаборатории В.Юдина

с целью создания эффективных ранозаживляющих покрытий для лечения глубоких поражений покровных тканей, биосовместимых имплантатов кровеносных сосудов и конструкций для регенерации периферических нервов. Спрос на эту продукцию уже высок и, по экспертным оценкам, будет еще выше. Руковолитель лаборатории доктор физико-математических наук В.Юлин налеется по истечении срока гранта РНФ получить электропроводящие полимерные кондуиты для восстановления периферических нервов с

протяженными дефектами, по аналогии с тем, как удалось сконструировать биорезорбируемые протезы кровеносных сосудов малого диаметра. А еще он меч тает, чтобы молодые сотрудники лаборатории нашли свое место в профессии и жизни, чтобы работа приносила им как моральное, так и материальное удовлетворение. Возможно, кто-то из них «рванет» в бизнес и на основе собственных находок создаст отечественный продукт, конкурентоспособный на мировом рынке услуг здравоохранения, а кто-то скажет новое слово в науке о человеке и для человека - тканевой



Актуальную помощь медицине тканевая инженерия может оказать при восстановлении периферических нервов, поврежденных вследствие травм, нейродегенеративных заболеваний, радикулитов.

собных обеспечить ее изоляцию от внешней бактериальной среды, и атравматичных - при снятии повязки не должна нарушаться структура образовавшегося клеточного слоя. Мало того, эта повязка благодаря собственным поверхностным зарядам и приложению внешнего электриче ского поля позволит стимулировать процесс заживления раны. Судя по обзорам патентной литературы, такие материалы будут разработаны впервые в мире. Эксперименты по их испытанию на подопытных животных уже ведутся совместно с Педиатрическим медицинским универси-

лостность и функциональность тканей организма, стимулировать процессы их регенерации.

В этом направлении также достигнут заметный прогресс. Получен широкий спектр электропроводящих материалов. Проведена оптимизация их свойств (помимо механических и электрических биосовместимость и адекватная биологическая активность при взаимодействии с культурами клеток). Разработан и сконструирован оригинальный дизайн ячейки для электростимуляции клеток на поверхности полимерных матриц. Предстоит исследовать

и аспирант, а их в лаборатории 15 из 25 сотрудников, ведет персональную разработку. У аспиранта Всеволода Матреничева это серия электропроводящих полимерных материалов на основе нановолокон, которые сейчас проходят испытания на совместимость с клеточными культурами. У аспиранта Константина Малафеева - биорезорбируемые шовные нити с улучшенными антибактериальными и физикомеханическими свойствами. У аспиранта Антона Шабунина - гибридное полимерное покрытие для лечения полнослойных дефектов кожных покровов, в том