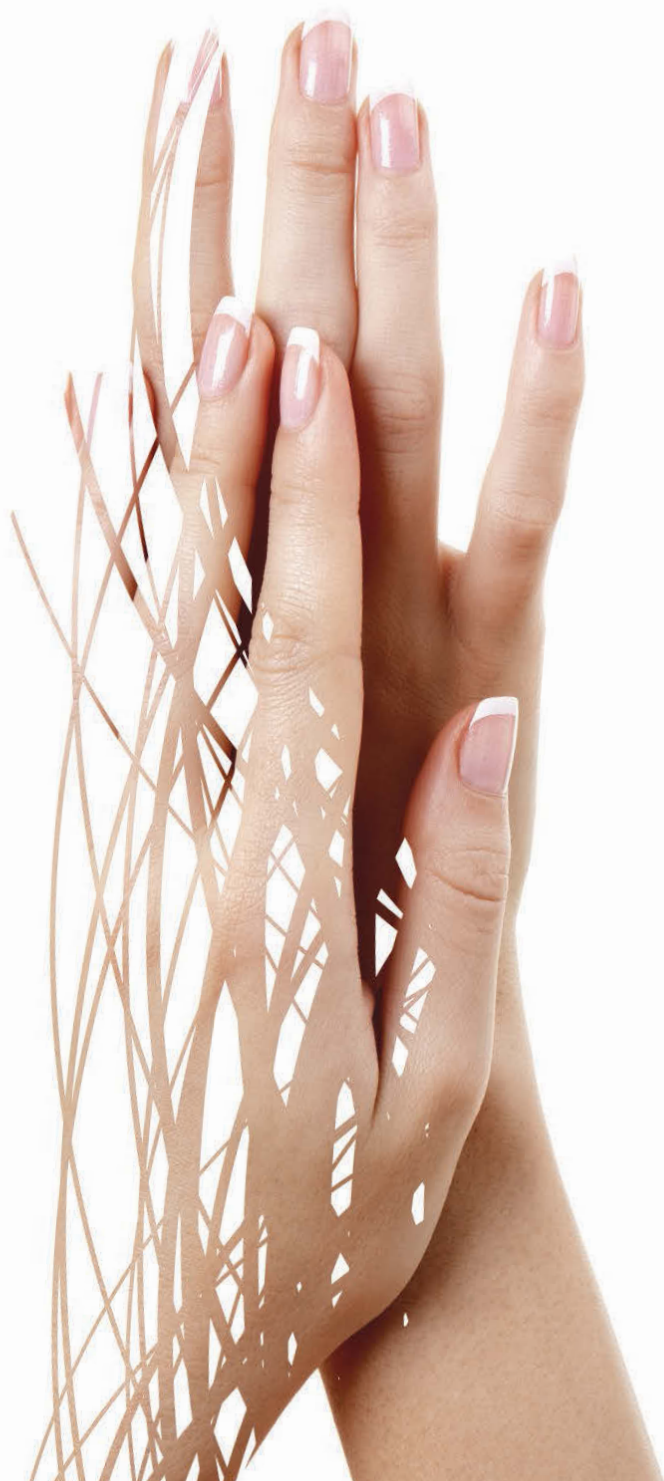


УЧИМСЯ у природы

Широко химия
простирает руки свои
в дела человеческие.

М.В. Ломоносов

На столе у **Тимофея Евгеньевича Григорьева**, начальника отдела нанобиоматериалов и структур Курчатовского комплекса НБИКС-технологий, находятся странные предметы и конструкции. Состоящая из нескольких пластиковых блоков трубочка, чем-то напоминающая детскую игру в бирюльки, — на самом деле высокотехнологичный штифт для лечения суставов, созданный на основе самых современных технологий. Похожая на губку для мытья посуды тряпочка — так называемая искусственная кожа, способная спасти человека с ожогами 90% поверхности тела. А «венчик», будто бы созданный для взбивания крошечных яиц, — это ловец тромбов, благодаря которому можно спасти жизни многих пациентов с сердечно-сосудистой патологией. Таких разработок в отделе, которым руководит Т.Е. Григорьев, десятки, и все они в не самом отдаленном будущем станут доступны для медицинских манипуляций любого врача. Некоторые разработки сейчас кажутся фантастикой, однако это и есть фундаментальная наука, убежден наш собеседник.





Кандидат физико-математических наук Т.Е. Григорьев

— Тимофей Евгеньевич, чем занимаетесь ваш отдел?

— Мы стараемся свести воедино нано- и биотехнологии, соединить их с клеточными технологиями, понять, как структура этих материалов влияет на их свойства. При этом, создавая структуру, определяющую свойства материалов, мы часто берем пример с природы, которой это удалось очень тонко и точно. Направления работы нашего отдела и лаборатории полимерных материалов так же масштабны, как возможности науки о полимерах и в принципе химии. Как сказал Михаил Васильевич Ломоносов: «Широко химия простирает руки свои в дела человеческие». Так же широко заходят и наши работы в различные области. Это как классические для полимерных материалов тематики по конструкционным материалам (стеклопластиковая арматура, различные термоизоляционные, композиционные материалы), так и органические сенсоры, материалы для них, а также нейроморфные материалы — те, которые проявляют свои свойства в ИТ-технологиях и электронике. И конечно же, это биомедицинские материалы и изделия — такое направление биомедицины, как соединение неживого с живым.

— Почему вообще возникает необходимость соединения живого с неживым?

— Это новый виток технологического развития, когда мы постигли все основные свойства нанотехнологий, многое поняли в физике твердого тела, разработали различные сенсоры, научились управлять структурой и свойствами различных материалов: органических, неорганических, гибридных. Вместе с клеточными и молекулярно-биологическими подходами эти знания можно использовать для создания биоискусственных систем. Важно сначала понять, как устроена природа, а затем создавать функциональные антропоморфные устройства, материалы, органы и т.д. Этот принцип конвергенции и был заложен М.В. Ковальчуком при создании Курчатковского НБИКС-центра.

— Вы говорите о возможности, однако необходимость применения всех этих материалов, насколько я понимаю, связана в первую очередь с медициной?

— Да, безусловно, медицине требуются высокотехнологичные продукты. Это могут быть как медицинские изделия, которые помогают врачам наиболее эффективно лечить различные травмы, ожоги, поражения внутренних органов, так и восстановительная часть, когда мы создаем прототип органа или сам орган, а затем организм «доращивает» и ассимилирует его.

Еще один важный момент — тестирование на биоискусственных системах различных лекарств и процессов: уже сейчас все чаще из этических соображений запрещают тестирование не только на человеке, но даже на животных. Скоро биоискусственные тест-системы выйдут в этом смысле на первый план.



Спектрофотометрия полимерных растворов

— Насколько они эффективны?

— В каждом случае надо очень точно настраивать систему, потому что, конечно, мы пока не способны воспроизвести тот или иной орган целиком, даже такой, скажем, лежащий на поверхности в прямом смысле этого слова, как кожа. Но мы можем смоделировать определенные функции этого органа. Именно по ним можно изучить влияние тех или иных лекарств.

— Такие системы уже существуют?

— Они существуют в лабораториях. В Курчатовском НБИКС-центре в нашей лаборатории и лаборатории А.А. Пантелеева создали дермально-эпидермальный биоэквивалент человеческой кожи, включающий кератиноциты и фибробласты, точно так, как устроено в нашем организме. Конечно, там нет всех функций кожи, однако для многих исследовательских и лечебных целей эта система годится.

— Для меня открытие, что существуют разработки, которые в будущем отменят необходимость использования лабораторных животных.

— Да, это важное направление развития биомедицины. Здесь также можно продвинуть использование новых неинвазивных методик, и тогда для эксперимента будет нужно использовать, например, одну, а не десять мышей, а то и вовсе обойтись без них. Не случайно, что такого рода работы стали возможны именно у нас, в Курчатовском



Биоразлагаемые изделия для ортопедии, сердечно-сосудистой хирургии

институте, где традиционно сильны структурные, физические и физико-химические направления. Буквально под боком у нашего отдела находятся синхротрон, лаборатория электронной микроскопии, в другом корпусе — установки ядерно-магнитного резонанса и т.д. Это не только важная с технологической точки зрения работа, но и новые подходы, методология всего процесса исследования и создания биоискусственных систем.

— Для чего вы создаете аналог человеческой кожи?

— Большая проблема — выживаемость людей, у которых поражено более 50% поверхности тела. В этом деле искусственная кожа совершенно незаменима. Но, надо сказать, мы создали не только кожу. В ходе сотрудничества с ожоговым центром Института хирургии им. А.В. Вишневского нам удалось разработать целый спектр материалов и устройств для лечения ожоговой болезни, оказания срочной помощи пациенту. Ведь, оказывается, когда человек получает такой большой ожог, есть риск не довести его до больницы даже не из-за болевого шока или заражения, а из-за потери влаги и тепла. Поэтому первый шаг — это материал, который укроет пострадавшего, не позволит ему терять влагу и тепло. При этом он должен быть биосовместимым, а его важнейшее качество — атравматическое снятие, чтобы не травмировать рану при удалении. Все мы знаем, как это больно — отирать марлю, пластырь или вату.

Мы разработали нетканые материалы с диаметром волокон от 100 нм — это тоньше, чем паутина, — которые упорядочены в пространстве и обладают заданными свойствами, например гидрофильны или гидрофобны, закрывают рану, адгезируют с ней или, наоборот, не прилипают. Это первая стадия. Затем наступает вторая, когда организм должен запустить естественные процессы регенерации. Тут ране надо «дать отдохнуть», отводя раневое отделяемое. Здесь важны уже другие свойства — сорбционная емкость, снова атравматическое снятие. И только после этого нужна собственно искусственная кожа, для получения

которой надо сделать естественный матрикс — каркас, которой потом засеется клетками пациента и будет в дальнейшем ему приживлен.

— Все это уже разработано и может применяться?

— Да, у нас все это уже есть. Но для того, чтобы наши материалы дошли до пациентов, к сожалению, потребуется время. Если говорить о коже, то это биомедицинский клеточный продукт, и путь от разработки до регистрации довольно непрост. Надеюсь, это будет не десятилетия, как в фармацевтике, а два-три года.



Заготовка биоразлагаемого винта

— Около двух лет назад большого шума надежда была новость о том, что в Курчатовском институте удалось вырастить искусственную трахею. Что изменилось с тех пор?

— Мы продолжаем совершенствовать нашу биоискусственную трахею, и, естественно, следующий шаг — испытания на животных (к сожалению, пока без этого не обойтись). Они показывают хорошую эффективность. Мы работаем совместно с РОНЦ им. Н.Н. Блохина — ведь не секрет, что такого рода трансплантации чаще всего необходимы людям, перенесшим рак гортани или трахеи.

— Выращивание искусственных органов из собственных тканей — это очень востребованное направление медицинской науки во всем мире. В Америке ведутся эксперименты по выращиванию искусственных легких. Насколько мы здесь идем в ногу со временем — или, может быть, отстаем?

— Выращивание новых органов открывает возможность восстановить утраченные, и это действительно принципиально новая страница в медицине. Это не заместительная, как в случае протезирования органов, а восстановительная медицина. В отличие от классической трансплантологии такой орган не вызывает иммунной реакции организма, потому что сделан из клеток самого пациента. И здесь, конечно, предстоит огромный путь, потому что нам неизвестны отдаленные последствия применения биоискусственных продуктов.

— **Знаю, что вы создаете материалы, которые приживаются в организме и ничем не отличаются от утраченного органа.**

— Пока речь идет не о целых органах, а о протезах трубчатых органов: желчного протока, аорты, — которые также витализированы с помощью клеточных технологий и имплантированы в организм. Конечно, врачи пока побаиваются работать с биоразлагаемыми материалами, потому что уровень ферментативной активности и сроков биодеградации в каждом организме разный. Тем не менее опыт уже имеется.

Если говорить об изделиях, которые ближе всего к реализации, то это различные раневые, гемостатические, ранозаживляющие материалы, биоразлагаемые изделия для ортопедии или челюстно-лицевой хирургии — пины, штифты, шурупы, пластины. Они выполняют свою функцию по фиксации костей при операции, а потом биоразлагаются. Сейчас используются титановые пластины, и нужна повторная операция для того, чтобы их удалить. Уровень воспалительной реакции на металл довольно высок. Наши полимеры вызывают меньшее воспаление, и удалять их не нужно — они биоразлагаемы, к тому же могут содержать активные лекарственные соединения. Это нанокпозиционные изделия: наноразмерный наполнитель лучше обычного принимается организмом и оказывает влияние на свойства самого изделия. Сейчас заканчивается исследовательская фаза, а дальше мы планируем внедрение в производство, доклинические исследования. Наши молодые сотрудники Никита Седуш и Варвара Демина, энтузиасты этого направления, уже изучают технологические аспекты изготовления.

— **Помните, был такой фантастический фильм «Неуязвимый», где герой Брюса Уиллиса сколько бы ни попадал в различные травмоопасные ситуации, никак не страдал. Человечество движется в сторону неуязвимости: потерял какой-нибудь орган — вырастили новый, случилась тяжелая травма — восстановили как новенького. Как в фантастических фильмах, люди становятся киборгами. Вы никогда не задумывались, останемся ли мы людьми, став киборгами?**

— Если говорить о регенеративной медицине, то человек, безусловно, остается тем же самым человеком, потому что восстанавливаются, по сути, его собственные органы. Мы не пытаемся обойти природу, а лишь стараемся приблизиться к ней. Это важно. Мы очень много занимаемся изучением природы, и наши технологии можно назвать природоподобными. Регенеративная медицина существенно отличается от заместительной, от того же «умного» протезирования, когда мы заменяем руку или ногу, скажем, механическим протезом. Поэтому здесь человек все равно остается человеком.

Кстати, механическая рука тоже создается в Курчатовском институте, и мы участвуем в работах в области сенсоров робототехнических систем. На самом деле это попытка не столько воспроизвести человека, сколько постичь когнитивные функции, функции движения, осознания и т.д. Все это направлено отнюдь не на замещение человека, а на постижение его.

По поводу неуязвимости я бы тоже поспорил. Природа чрезвычайно сложна, и существует масса механизмов, которые не позволяют нам быть неуязвимыми. Классический пример: раньше о таких заболеваниях, как рак или болезнь Альцгеймера, не знали, потому что до них обычно просто не доживали. Победим эти болезни — появится что-то еще.

— **А вы думаете, мы победим рак?**

— Думаю, да. Создаются новые лекарства, носители лекарств, с помощью которых они вводятся непосредственно в клетку пораженной ткани. Но это не значит, что мы победим все возможные болезни.

— **Может быть, все это заложено в природе для стимуляции нашей интеллектуальной деятельности, чтобы эволюция продолжалась?**

— Возможно, и так. А вообще для того, чтобы создать что-то действительно эффективное, надо внимательно посмотреть на природу — она обычно делает это максимально успешно. Например, что касается конструкционных материалов: мы очень много работаем с целлюлозой, хитином, потому что это самые прочные волокна в мире. Мы создаем также природоподобные нейроморфные устройства. Сейчас и *Hewlett-Packard*, и *IBM* разрабатывают множество так называемых неорганических мемристоров. Но с точки зрения природоподобия, похожесть на живое, именно полимеры заметно выигрывают у всех искусственных систем. Поэтому мы и уделяем так много внимания природным материалам и структурам. Что же касается биотехнологий, то сделать лучше, чем природа, пока не удалось. Да это и не нужно. ■

Беседовала *Наталья Лескова*

СПРАВКА

Тимофей Евгеньевич Григорьев

■ Выпускник физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, кандидат физико-математических наук, начальник отдела нанобиоматериалов и структур Курчатовского комплекса НБИКС-технологий.

■ Основные направления работ: полимерные материалы и изделия для биомедицины, тканевой инженерии, «умные» и функциональные полимерные системы.