



ВОЕННЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ: ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ И ИМПЛАНТИРУЕМЫЕ СИСТЕМЫ

MILITARY APPLICATIONS OF NANOTECHNOLOGY: SOLDIER SYSTEMS AND IMPLANTED SYSTEMS

Ю.Альтман
Ju.Altmann

В продолжении публикации отрывков из книги Юргена Альтмана "Военные нанотехнологии. Возможности применения и превентивного контроля вооружений"^{*} рассматривается применение нанотехнологий в создании индивидуальных систем военного назначения и имплантируемых решений для регулирования жизнедеятельности человеческого организма.

In the excerpts from the book by Jurgen Altmann, "Military nanotechnology. Potential applications and preventive arms control"^{*} such issues are discussed as the use of nanotechnology in the development of soldier systems and implanted systems.

Нанотехнологии (НТ) дают возможность создать множество приспособлений и устройств, непосредственно связанных или входящих в состав личного снаряжения военнослужащего, которые позволяют контролировать, поддерживать и усиливать самые разнообразные психофизиологические возможности человеческого организма.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Простейшими индивидуальными устройствами являются обычные датчики, измеряющие функциональные параметры состояния человека (температуру, пульс, давление и т.п.). Следующий этап развития таких устройств, естественно, связан с разработкой так называемых химических датчиков, улавливающих и фиксирующих более тонкие и нестандартные параметры. Например, по одному из уже осуществляемых в ISN проектов создается датчик, измеряющий содержание веществ определенного типа (например, молекул монооксида азота NO, вырабатываемых организмом при стрессе) в выдохе человека. В дальнейшем планируется создание системы практически не ощущаемых человеком микрозондов, способных отбирать из организма и анализировать микропробы тканей и физиологических жидкостей (крови, лимфы и т.п.), а также при необходимости вводить требуемые препараты. НТ будут

способствовать дальнейшей миниатюризации таких устройств и разработке внедряемых микрожидкостных биочипов, способных осуществлять химический и биологический анализ состояния организма.

Еще одна возможность – создание системы терморегуляции человеческого организма за счет использования миниатюрных МСТ-насосов, прогоняющих терморегулирующие жидкости через полые волокна (или даже нановолокна) внутри боевого обмундирования. В дальнейшем такие насосы можно будет усовершенствовать с тем, чтобы они способствовали своевременной инъекции веществ, способствующих быстрой медицинской помощи при ранениях. Для медицинских целей можно предложить такие модификации военной формы, при которых некоторые элементы обмундирования можно будет изготавливать из "деформируемых" материалов, способных при необходимости затвердевать. Например, используя электроактивные полимеры, можно превращать элементы военной формы в медицинскую шину для фиксации сломанных костей. В некоторых проектах по разработке экзоскелета (внешнего скелета или каркаса военной формы) предлагается использовать полипиррол, способный создавать механические структуры, позволяющие поднимать тяжелые грузы, преодолевать препятствия, совершать очень далекие или высокие прыжки. Изготавливаемые на основе НТ фильтры могут при-

^{*} Альтман Ю. Военные нанотехнологии. Возможности применения и превентивного контроля вооружений / Изд. 2-е, доп. и испр. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2008. 424 с.

меняться для очистки жидких выделений человеческого организма и их повторного использования.

Интересный и несколько неожиданный подход связан с тем, что за счет собственного движения и функционирования человеческий организм способен вырабатывать (при применении, например, пьезо-электрических материалов) очень небольшие по величине электрические токи, со средней мощностью от микроватта до милливатта. Конечно, генерируемые токи представляются весьма слабыми, но они могут оказаться вполне достаточными, например, для питания систем управления и обработки информации, которые обычно имеют очень низкий уровень энергопотребления. В будущем такой подход, возможно, позволит решить проблемы питания систем радиосвязи, требующих энергии порядка нескольких ватт. Такой подход, конечно, неприменим для обеспечения работы более сложных систем, например, терморегулирования, требующего энергопитания порядка нескольких сотен ватт, однако нельзя забывать и о возможности использования в обмундировании мощных топливных элементов, создаваемых на основе НТ.

Многие описанные устройства и датчики совместно входят в состав военной экипировки "солдата будущего", предлагаемой дизайнерами американского Института армейской нанотехнологии.

ИМПЛАНТИРУЕМЫЕ СИСТЕМЫ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА

Следующим естественным этапом в исследованиях возможностей анализа, регулирования и повышения физических и интеллектуальных "боевых показателей" военнослужащего является введение разнообразных устройств непосредственно в организм, то есть имплантация датчиков в тело человека. Такой подход представляется совершенно естественным, поскольку в нормальных (природных) условиях всякое регулирование активности жизнедеятельности организмов осуществляется именно "изнутри". С другой стороны, необходимо учитывать, что любое вмешательство в жизнедеятельность человеческого организма без медицинских показаний представляется противоправным, вследствие чего практически любая попытка использования имплантантов в военных целях является не только незаконной, но и связанной с серьезнейшими морально-этическими проблемами.

Предлагаемые устройства и датчики имеют своей целью контроль, управление или даже усиление функций человеческого организма, которые можно разделить на две основные категории, соответствующие работе физиологических систем на двух принципиально разных уровнях. Речь может идти, во-первых, об управлении функциями отдельных биохимических объектов (типа органов организма или просто клеток), а во-вторых – об управлении процессами нервной системы в целом, то есть о регулировании функций, связанных с передачей и переработкой информации. Разумеется, такое деление является упрощенным и условным, хотя бы потому, что душевное состояние человека и его способность к восприятию реальности всегда как-то обусловлены биохимическим воздействием гормонов, нейро-передающих агентов и т.п. Кроме того, в качестве еще одной категории управления функциями организма (возможно, не столь существенной, хотя это неочевидно) можно выделить чисто механические реакции организма и возможности их использования, регулирования и усиления.

Общий контроль функций первой категории, относящихся к состоянию органов, клеток и организма в целом, можно осуществлять достаточно легко и быстро, регистрируя, например, химический состав крови и выявляя состояние стресса, ранения или болезни. Более того, существует и возможность их быстрой "корректировки" за счет немедленного ввода требуемых биологических, химических или лекарственных препаратов. Очень важно, что применение вживленных датчиков должно позволить не только очень быстро выявить присутствие в организме опасных веществ (возможно, задолго до проявления внешних признаков поражения), но и гораздо раньше и эффективнее приступить к их нейтрализации. Кроме того, контролируемое введение разнообразных химических агентов, лекарств и гормонов может использоваться для управления физическими или физиологическими функциями организма как в качестве чисто лечебных, так и возбуждающих средств, например, для снятия ощущения стресса или, наоборот, для повышения уровня агрессивности организма.

Методы контроля и управления клеточными процессами постоянно совершенствуются по мере изучения их биохимических механизмов. В настоящее время в США осуществляется целый ряд исследований по замедлению или даже остановке разнообразных клеточных процессов *in vivo* и *in vitro* с целью их использования в клеточном



метаболизме, что позволило бы организму солдата сохранять активность и работоспособность в течение хотя бы нескольких дней (примерно до недели), причем под сохранением работоспособности подразумевается непрерывная деятельность без приема калорийной пищи, отдыха и сна. Почти все более ранние исследования в этом направлении основывались на биохимических методах, однако НТ открывают совершенно новые возможности, позволяя непосредственно и целенаправленно воздействовать на требуемые центры активности в органах или даже отдельных клетках организма.

Наиболее легко реализуемым применением НТ в этом направлении представляется введение в организм биосовместимых магнитных наночастиц, способных избирательно присоединяться к определенным типам молекул или клеточных структур. Пользуясь затем очень небольшими по размеру магнитными датчиками и устройствами, можно будет достаточно легко определять положение таких частиц в организме для диагностики и контроля состояния этих клеток. При использовании соответствующих магнитных "пинцетов" такая методика, возможно, позволит манипулировать введенными частицами, воздействуя на клеточные процессы или даже инициируя некоторые такие процессы, типа апоптоза, митоза, экспрессии белков. В более общем плане такие манипуляции обещают в будущем возможность перехода к гораздо более существенным модификациям свойств человеческого организма в целом, что будет иметь важное значение для различных военных целей.

Изучение процессов в нервной системе в настоящее время осуществляется в основном при помощи разнообразных микроэлектродов, присоединяемых к нейронам, отдельным клеткам, группам клеток и воспринимающим центрам для исследований реакций этих структур на воздействие возбуждающих нервных сигналов. Кроме этого, вводимые в организм электроды уже широко применяются для стимуляции некоторых процессов (например, с терапевтической целью) и разнообразных медицинских исследований. В качестве примера можно привести использование "гребешковых" электродов, вводимых в мозг пациентов при лечении эпилепсии и болезни Паркинсона. В настоящее время врачи умеют вводить электроды даже в сетчатку глаза для лечения некоторых видов слепоты, передавать по электродам сигналы от мозга или других нервных образований к клеткам эфферентной

мышечной системы при лечении паралича и осуществлять целый ряд аналогичных операций. Эксперименты на животных и людях наглядно демонстрируют возможность установления прямого и длительного контакта с клетками нервной системы и головного мозга.

Электронные имплантаты и микроэлектроды уже существуют и широко применяются, так что использование НТ в этой области может привести к значительным усовершенствованиям уже существующей техники в следующих направлениях:

- производство более высококачественных биосовместимых материалов;
- дальнейшая миниатюризация используемых микроэлектродов и обеспечение их более надежного контакта с нейронами;
- создание так называемых решеток (темплатов) с большим числом микроэлектродов;
- разработка имплантируемых электронных схем и устройств с минимальным потреблением электроэнергии, позволяющих обрабатывать информационные сигналы и изображения;
- создание источников питания на основе химической активности и ресурсов организма человека.

Существуют и разрабатываются и другие, почти фантастические проекты использования НТ для обеспечения принципиально новых контактов с клетками мозга и нервной системы. В одном из них, например, предлагается вводить электроды (в виде изолированных нанопроводов) непосредственно в мозг человека по кровеносным сосудам, что позволит отказаться от сложнейших операций по вскрытию черепной коробки. Еще более необычным и смелым выглядит предложение по созданию контактов нейрон / электрод за счет их "наращивания", возможно носящего даже взаимный или направленный характер.

Очевидное и даже напрашивающееся применение описанной выше электродной техники для повышения боеспособности и возможностей отдельного военнослужащего заключается в том, чтобы ввести электроды непосредственно в мозг или нервную систему, а затем ускорять и/или усиливать возникающие в мозгу сигналы, соответствующие намерению совершить конкретное физическое действие (например, обеспечить более быструю передачу электрического импульса, задающего "сигнал" сместить рычаг управления, нажать кнопку запуска ракеты и т.д.). Это позволяет значительно быстрее передавать сигналы от нервной системы к мышцам и, следовательно, быстрее приводить в действие



автоматические и механические устройства. Использование вживленных электродов и "прямой" передачи сигналов позволяет выиграть примерно 0,1 с (стандартное время физиологической реакции человека), что может дать решающее преимущество в реальных условиях современного военного поединка. В этой связи особый интерес представляет программа DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency – агентство передовых оборонных исследовательских проектов Министерства обороны США) Brain Machine Interface, посвященная исследованию возможностей человека реагировать на внешние сигналы.

Кроме этого, описываемые имплантанты можно использовать и для усиления воспринимающих систем организма человека, например расширения воспринимаемого диапазона световых и звуковых сигналов. В принципе, такой подход позволит солдату в будущем не только "видеть" в инфракрасном и ультрафиолетовом диапазоне, а также "слышать" инфра- и ультразвуковые сигналы, но и воспринимать радиоактивное излучение и даже наличие некоторых химических и биологических веществ в окружении. Датчики будут воспринимать состояние окружающей среды посредством своих электронных контактов и передавать обработанную информацию непосредственно в мозг человека, который, конечно, должен будет проходить курс обучения и адаптации к используемым устройствам. Возможно, например, что создаваемые с применением "искусственного зрения" изображения будут несколько расплывчатыми и туманными, поскольку очень трудно обеспечить точный кон-

такт электродов с огромным количеством нейронов зрительного нерва (около одного миллиона контактов в глазу человека).

В настоящее время обсуждаются проблемы создания контактных устройств, обеспечивающих передачу получаемых от датчиков данных к имплантированным в организм системам обработки информации, а также перевода этих данных в нервную систему и мозг военнослужащего. Передача образных представлений и простых понятий может осуществляться, например, через афферентную нервную систему, однако пересылка более сложных сообщений, паттернов или ощущений требует принципиально новых контактов и взаимодействий с теми участками коры головного мозга, которые непосредственно отвечают за процессы мышления и сознания. Такая задача пока представляется невыполнимой из-за ограниченности наших знаний и возможностей в этой области, а ее решение потребует существенного прогресса в развитии фундаментальных представлений о функционировании мозга и высшей нервной деятельности человека. При этом, разумеется, следует помнить и о серьезных этических и моральных проблемах и ограничениях, связанных с любыми экспериментальными исследованиями работы человеческого мозга.

В области усиления чисто физических возможностей организма солдата одна из программ предлагает создание "объединенной системы искусственных тканей, мускулов, костей и сухожилий с улучшенными свойствами и характеристиками". ■

УЛЬЯНОВСКИЙ НАНОЦЕНТР – В ЧИСЛЕ ЛИДЕРОВ РЕЙТИНГА ТЕХНОПАРКОВ РОССИИ

Ассоциация кластеров и технопарков при экспертной поддержке корпорации Intel объявила результаты пилотного проекта по оценке эффективности технопарков России. Лидерами рейтинга стали Ульяновский наноцентр ULNANOTECH, технопарк "Жигулевская долина" в Самарской области и "Технопарк авиационных технологий" в Уфе.

Пилотный рейтинг технопарков составлен в рамках стратегического соглашения о сотрудничестве в сфере поддержки инноваций и развития высокотехнологичной экосистемы, заключенного в сентябре 2014 года между Ассоциацией кластеров и технопарков и корпорацией Intel. При составлении пилотного рейтинга внимание уделялось таким факторам, как количество резидентов, наличие соглашений о сотрудничестве с научно-исследовательскими институтами и вузами, инфраструктура в области энергоснабжения и систем связи.

В пилотном рейтинге приняли участие 14 технопарков из Удмуртии, Ульяновской, Самарской, Калужской, Тульской, Липецкой, Псковской, Курганской, Астраханской областей, Ямало-Ненецкого автономного округа и республики Башкортостан. Участники рейтинга смогут получить оборудование для организации учебных классов и консультационную поддержку от корпорации Intel и Ассоциации кластеров и технопарков.

Планируется, что рейтинг станет базой для проведения более масштабных исследований и впоследствии послужит важным индикатором технологичности и инвестиционной привлекательности технопарков, на который сможет ориентироваться экспертное сообщество.

Ассоциация кластеров и технопарков