

Г. В. Семенов, Р. Х. Ягудин, В. Г. Игнатъев,  
Р. К. Хайруллин, В. О. Моисеев

## СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СТРУКТУРЫ МАКРОГЕНЕРИРУЮЩЕГО СИСТЕМНО-ИНТЕГРИРОВАННОГО КЛАСТЕРА БИОНАНОМЕДИЦИНЫ И СИНТЕЗА БИОПОЛИМЕРОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ШЕСТОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА

*Ключевые слова: стратегический менеджмент, кластеры, бионаномедицина, технологический уклад, конструкционные материалы.*

*Проанализированы подходы к развитию фундаментальной медицины, рассмотрены вопросы развития, разработки и реализации нанобиомедицинских технологий при формировании шестого технологического уклада*

*Keywords: strategic management, clusters, bionanomedicine, technological way, constructional materials.*

*The paper features approaches to the development of fundamental medicine and questions of improvement, development and implementation of nanobiomedical technologies emerging during the development of the sixth technology revolution.*

Современное постиндустриальное развитие постепенно трансформирует традиционные для индустриальной экономики отраслевые комплексы и образуемые межотраслевые кластеры в особые функционально значимые системно-интегрированные структуры. При этом, говоря о составе этих структур, особо следует выделить такие системно-интегрированные кластеры, как «конструкционные материалы», «проектирование, создание и развертывание современных систем военно-космических вооружений», «телекоммуникации, информационно-интеллектуальные сети общего и специального назначения», «бионаноэкология, экономика климатических изменений», «бионаномедицина, белковая, генная инженерия, современные медицинские технологии», «современные образовательные технологии формирования у обучаемых базовой общей и специализированной по профессиональным профилям матрицы знаний с последующей ее корректировкой в процессе развития».

В рамках этого мегатренда особого внимания и институционального выделения заслуживает направление фундаментальной медицины. В России первые Институты фундаментальной медицины были созданы в 1992г. в Московском и в 1996г. в Новосибирском государственных университетах. Интересным является опыт развития в данном направлении Университета Райс (Хьюстон, США), Йенского университета (Йена, Германия), а также целого ряда других зарубежных университетов и научных центров. Следует глубоко осознать, что в рамках 6-го технологического уклада (начиная с 2015-2020гг.) бионаномедицина и основанные на ней белковая и генная инженерия, современные медицинские технологии станут системно-интегрированным быстро расширяющимся макрогенерирующим кластером в мировом экономическом развитии.

Институциональное стратегическое выделение фундаментальной медицины позволяет осуществлять подготовку медиков, врачей «нового поколения», способных подтвердить свою высокую квалификацию в условиях стремительного развития клеточных и генных технологий, синтеза биополи-

меров и тканей с заданными параметрами, постоянно открывающихся новых возможностей бионаномедицины, профилактики, диагностики, лечения заболеваний человека. В свою очередь, это предполагает системно-интегрированное обучение и профессиональное развитие специалистов медицинского профиля, получение ими знаний университетского уровня по математике, архитектуре информационных систем и применяемым пакетам прикладных программ, физике, биофизике, химии, биохимии, молекулярной и клеточной биологии, анатомии, физиологии, генетике, биоинформатике, современным информационным технологиям в геномной инженерии, синтезу биополимеров и тканей, бионаномедицине и в целом медицине.

В то же время институциональное оформление образовательного направления в развитии фундаментальной медицины позволит осуществлять целенаправленную подготовку врачей-специалистов и образуемых ими групп в областях клеточной терапии, геномной терапии, геномной диагностики, эндоваскулярной реваскуляризации и эндоваскулярной терапии, регенеративной медицины. Важнейшим приоритетом в обучении медиков, врачей «нового поколения» при этом становятся всесторонняя клиническая подготовка, позволяющая овладеть современными технологиями многопрофильной индивидуальной медицины.

От традиционного медицинского образовательного и научного учреждения образуемые в классических университетах институты фундаментальной медицины выгодно отличает и синтетические междисциплинарные направления деятельности его учебно-научных центров (подразделений). К таким направлениям нами были отнесены: А. Медицинские высокоточные технологии ранней диагностики, профилактики заболеваний и их лечения, основанные на системных представлениях об организме человека и инновационных возможностях нанобиомедицины; В. Инновационные технологии создания бионаноматериалов; С. Фундаментальные основы генетических и клеточных технологий для регенеративной медицины; Д. Защитно-

репарационные системы организма, основы технологий исследований и коррекции патологических процессов на уровне клетки и организма; Е. Микробиология и вирусология, искусственные генетические системы, бионанотехнологии создания терапевтических препаратов и новых материалов, фармация; F. Инструментальное направление.

В рамках первого направления уже сегодня получили развитие разделы, связанные с технологиями использования квантовых точек в биологических сенсорах внутри клетки; разработкой, изготовлением биологических сенсоров, биодатчиков, микроструйной и наноструйной техники, проектирования технологий безопасного и точного распознавания различных биометрических признаков; получением флуорофоров (флуоресцентных биологических маркеров); разработкой методов нефлуоросцентной микрочиповой диагностики. Вместе с тем, движение в данном направлении предполагает в относительно короткие сроки реализацию технологий непрерывного и незаметного контроля за важными для здоровья функциями организма, создания и широкого распространения «лабораторий на чипе». Важнейшими разделами первого направления также становятся новейшие технологии использования сверхтонких кремниевых нанопроводов для обнаружения и идентификации вирусов, удаления или замены испорченных компонентов клетки с помощью наномасштабных устройств.

В особо значимый раздел развития выделяются разработка и реализация нанобиомедицинских технологий раннего обнаружения и устранения раковых клеток, в частности, конструирования и использования нанооболочек (сверхмалых кварцевых шариков, покрытых тонким нанометровым слоем золота), для обнаружения и ликвидации злокачественных раковых клеток в «пораженных тканях» с помощью инфракрасных и ультрафиолетовых лучей.

В рамках развития каждого из перечисленных разделов первого направления крайне важным является переход к системно осуществляемой, ориентированной на индивидуальные генетические и биометрические характеристики больного.

Второе направление включает в себя весьма значимые группы инновационных технологий наноразмерного моделирования квантовых наноструктур для перспективных материалов, собственно, проектирования, изготовления (выращивания) бионаноматериалов, использования живых организмов для создания, выращивания наноструктур. Важнейшими разделами в развитии этого направления являются белковая инженерия, биоинженерия, синтез биополимеров и синтетическая биология. Поскольку живая и мертвая биологические ткани конкретного вида имеют одну и ту же биохимическую формулу и различия между ними наблюдаются только в пространственной организации, значимым становится исследование, создание и использование трехмерных культур клеток. Непосредственно в медицине все это находит свое воплощение в быстром расширении состава и получении сложнейшего спектра биологически совместимых имплантатов, исследо-

вании и культивировании стволовых и первичных клеток с целью получения дифференцированной хрящевой, иной биологической ткани, пригодной для заместительной терапии. Появляются эффективные технологии сварки биологических тканей. В особый раздел, наряду с микрохирургией выделяется нанохирургия. На основе нанотехнологий ведется разработка антибактериальных медицинских материалов и инструментов. Синтезируются специальные наноконструкты для доставки фрагментов ДНК и их аналогов в клетки.

Третье направление современной фундаментальной медицины, в основе которого лежат клеточные технологии, включает в себя: ДНК-дактилоскопию, генную диагностику, протеомику, генерирование биологическими комплексами требуемых ферментов, белково-нуклеиновые молекулярные машины, структурно-функциональную протеомику комплексов репарации (ремонта) ДНК. В данной связи крайне важным являются исследования структуры и функций биомолекул, надмолекулярных комплексов, возможных направленных воздействий (спонтанных, в медицинских целях) на генетические структуры, раскрытие фундаментальных основ получения супрамолекулярных комплексов нуклеиновых кислот (антисмысловых олигонуклеотидов, малых интерферирующих РНК и фрагментов ДНК, экспрессирующих биологически активных РНК), обеспечивающих эффективное проникновение в клетки и пролонгированное подавление терапевтически значимых генов, а также молекулярных основ организации экспрессии наследственных биомолекул в геномах и живой клетке. Особая роль при этом принадлежит нанотехнологиям хранения и извлечения генетической информации, определения общей восприимчивости к некоторым болезням, по строению индивидуальной ДНК. Разработка указанных технологий невозможно без структурированных представлений о влиянии различных повреждений ДНК на клеточные процессы, молекулярно-генетических, эпигенетических и белковых маркеров предрасположенности к распространенным тяжелым патологиям человека и разработки неинвазивной диагностики на этой основе. В данном отношении стратегически значимыми являются исследования взаимодействия наночастиц разной природы с системами репарации и репликации ДНК. Это позволяет в рамках данного направления достаточно динамично развивать эффективные медицинские технологии генной терапии и генной инженерии;

Четвертое направление представляет собой исследовательские и технологические комплексы по следующим группам проблем: а) взаимодействия медиаторной, гормональной, и иммунной систем в процессах регуляции функций организма; б) как устроены и функционально действуют молекулярно-клеточные механизмы участия факторов врожденного иммунитета в формировании иммунодефицитов и аллергических реакций; в) как может происходить переход от врожденного к адаптивному иммунитету и каковы механизмы регуляции иммунной системы паттерн-распознающими и парны-

ми рецепторами; г) как «устроен» аутоиммунитет в развитии прогрессирующих атеросклеротических поражений у человека и каковы клеточно-молекулярные механизмы адаптивного иммунного ответа при атеросклерозе у человека; д) разработки, развития нейробиологических основ нормальных и патологических состояний мозга.

Пятое направление концентрирует свое влияние на метагеномике бактериальных и вирусных сообществ, микробиологии, фармакологии. Скорее это все более выкристаллизовывающийся системно-интегрированный кластер, включающий в себя технологии создания многочисленных видов новой гриппозной вакцины на основе тканевых культур, клеточной терапии; эндоваскулярной реваскуляризации и эндоваскулярной терапии, получения и использования стволовых клеток для лечения заболеваний внутренних органов и крови, фармакологию высокоточных препаратов целевой узкой зоны действия (на клеточном и внутриклеточном уровнях), иммуномодуляторов, широкого спектра вакцин. В рамках данного направления развития современной фундаментальной и прикладной медицины изучаются молекулярные механизмы функционирования иммуноглобулинов в норме и при патологии, осуществляются специальный подбор медикаментов, нацеленных, на отдельные клетки, (например, путем создания антител для специальных клеток), а также точечный подбор лекарств на основе хромосомных различий. В данном отношении крайне важным представляется создание методов и технологий введения и адресной доставки лекарств на клеточном и внутриклеточном уровнях, разработка и применение технологии электрического осмоса (аналога на молекулярном уровне электрофореза), создание и имплантация соответствующих молекулярных насосов для доставки медикаментов.

Шестое инструментальное направление включает в себя разработку приборов, средств, инструментов жидкостной электросиловой микроскопии; технологии молекулярной визуализации; математические модели в биологии, бионаномедицине, постгеномную биоинформатику, компьютерный анализ и моделирование молекулярно-генетических систем.

Перечисленные стратегические направления, очевидно, должны быть подкреплены формированием и развитием соответствующей системы научных, образовательных, инновационных государственных, частных и корпоративных институтов, а также институтами здорового образа жизни и обеспечения генетически здоровой нации.

### Литература

1. Моисеев В.О. Методология анализа и оценки эффективности региональных экономических систем / В.О. Моисеев. – Казань: Издательство Казанского университета. – 2003. – 140 с.
2. Кузнецова О.Ю. Современные аспекты развития бионано- и/или нанобиотехнологии / О.Ю. Кузнецова // Вестник КГТУ. – 2013. – №3. – С. 156-163.
3. Бердникова Е.Ф. Инновационные аспекты организации медицинских услуг / Е.Ф. Бердникова // Вестник КГТУ. – 2013. – №2. – С. 225-228.
4. Бердникова Е.Ф. Модернизация здравоохранения и реализация инновационных решений (на примере стран Европы и России) / Е.Ф. Бердникова // Вестник КГТУ. – 2012. – №20. – С. 203-206.
5. Инновационно-модернизационные волны в социально-экономическом развитии: технологические уклады, макроэкономические генерации, взгляд в будущее. Книга 1. Текстильная, металлургическая, нефтеперерабатывающая, нефтехимическая промышленность, электроэнергетика, военное машиностроение / Под ред. Ю.В. Матвеева, Г.В. Семенова. – Самара: ООО «Издательство АсГард», 2013. – 458 с.

---

© Г. В. Семенов – д.э.н, проф. каф. менеджмента и предпринимательской деятельности КНИТУ; Р. Х. Ягудин – к.э.н, зам. глав. врача по науке ГУЗ «Республиканская клиническая больница» МЗ РТ; В. Г. Игнатьев – к.э.н., доцент каф. менеджмента и предпринимательской деятельности КНИТУ; Р. К. Хайруллин – к.т.н, проректор по экономике и развитию Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма; В. О. Моисеев – к.э.н, доц. кафедры экономики КНИТУ, 25moiseev@mail.ru.