

РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СТРАЖЕ ЗДОРОВЬЯ



И.Б. СТЕПАНОВ,

*д. т. н., заместитель
директора по
научной работе
Физико-технического
института*



На современном этапе развития экономики происходит масштабное изменение во взглядах на роль и место человека в процессе производства. Выступая важнейшим источником экономического роста и необходимым условием конкурентоспособности, люди, а не деньги, здания, техника, являются решающим отличительным признаком успешного предприятия. Подход, основанный на минимизации затрат на персонал, на современном этапе показал свою недееспособность, именно поэтому большинство стран отказалось от подобной политики в пользу концепции **ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ РЕСУРСОВ**. Краеугольным камнем этой концепции является глобальная задача – укрепление здоровья, повышение качества и продолжительности жизни человека.

Среди приоритетных вызовов на пути решения этой задачи с полным правом можно отметить сердечно-сосудистые и онкологические патологии. Эти заболевания устойчиво занимают лидирующие места в статистике смертности и стойкой утраты трудоспособности населения. По данным Министерства здравоохранения РФ, ежегодно от злокачественных новообразований умирает 285

тыс. человек, а это почти 14 % от всех смертей. В мире этот показатель достигает – 8 млн человек. При этом за последние 10 лет прирост заболевших онкологическими заболеваниями составил 18 %. Сегодня этот показатель уступает только сердечно-сосудистым заболеваниям, чья доля достигает 30 % всех случаев смерти. В то же время по прогнозам ВОЗ в течение 5 – 7 лет онколо-

RADIATION TECHNOLOGY FOR HEALTH PROTECTION PURPOSES

IGOR STEPANOV

Doctor of Technical Sciences, Deputy Director for Research, of TPU Institute of Physics and Technology

The current stage of economic development is characterized by extensive change of views on the role and position of humans in the production process. Being a fundamental source of economic advance and indispensable condition of competitiveness, it is people, not money, buildings, or machinery, that appear to be pivotal distinguishing features of a successful company. The approach based on the personnel cost minimization has recently proved to be inefficient, which made numerous countries abandon such a strategy and opt for the concept of **HUMAN RESOURCES**. The cornerstone of this concept is a global task consisting in health promotion and enhancement of human's life quality and duration.

Cardiovascular and oncological pathologies can be fairly named among higher-priority challenges on the way to solving this task. These diseases steadily occupy the leading positions in the statistics on mortality rate and persistent disability of the population.

The objectives of solving such global issues are fully met by the Medical Engineering Cluster established within the Programme of increasing competitiveness of Tomsk Polytechnic University among leading world research and academic centres. The mission of the Cluster is to create the conditions for integrating academic potential, infrastructure and human resources for advancing multi- and interdisciplinary research, developing an optimal risk profile, improving financial mechanisms for the support of innovative projects, and implementing efficient project management to form a synergistic effect during the manufacture of high-technology competitive products.



The Cluster's priorities are in line with the global trends of developing the technologies for improving the population's quality of life and are focused on such areas as **bioengineered technologies and materials; radiotechnologies in biomedicine; electrophysical biomedical complexes**. The underlying factors for determining the areas of activities have become the following: network-based character of the cluster organization at the level of TPU research-and-educational institutes; possible regional cooperation with the RAS universities and institutes; small innovative enterprises; available portfolio of advanced developments enabling the University to take the leading positions in medical engineering.

At present the research-and-development and engineering projects are being implemented with the involvement of over 30 small innovative enterprises, leading pharmaceutical and medical companies, national and foreign scientific centres and universities which are top-ranked in research-and-educational and innovative fields.

As a result, there has been formed a pool of 18 networked projects with small innovative enterprises, including the ones affiliated with the TPU innovation belt. The **Darwin** project has become the **first interuniversity business-accelerator** that was established within the framework of one of the TPU and Siberian State Medical University initiatives.

One of the strategic fields in research-and-innovative activities is related to the development of **radiation medicine**. This is an area of medicine comprising prevention, diagnostics, and treatment of various diseases of human organs and systems based on the

МИССИЯ КЛАСТЕРА ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ОБЕСПЕЧЕНИИ МИРОВОГО ПРИЗНАНИЯ И ПОВЫШЕНИИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ УНИВЕРСИТЕТА В ОБЛАСТИ МЕДИЦИНСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ.

гические заболевания выйдут на первое место в мире по причине смертей.

Целям решения этих глобальных проблем в полной мере отвечает кластер «**Медицинская инженерия**», созданный в рамках реализации Программы повышения конкурентоспособности Томского политехнического университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров. Миссия кластера заключается в обеспечении мирового признания и повышении конкурентоспособности университета в области медицинской инженерии на основе создания интернациональной платформы, интегрирующей лучшие мировые практики подготовки высококвалифицированных научных и инженерных кадров, создания и трансферта ресурсоэффективных технологий повышения качества и продолжительности жизни населения планеты.

Основная идея состоит в создании условий интеграции образовательного, инфраструктурного и кадрового потенциалов для развития мульти- и междисциплинарных исследований, оптимального распределения рисков, совершенствования финансовых механизмов поддержки инновационных проектов, реализации эффективного проектного менеджмента с целью формирования синергетического эффекта при создании высокотехнологичной конкурентоспособной продукции.

Приоритетные направления Кластера соответствуют мировым трендам развития технологий улучшения качества жизни населения и сконцентрированы в областях: **биоинженерные технологии и материалы; радиационные технологии в биомедицине; электрофизические биомедицинские комплексы**. При выборе направлений учитывались имеющийся в университете кадровый потенциал, опыт подготовки кадров и создания инновационных разработок, инфраструктура и материально-техническая база в области инженерной медицины, установившиеся профессиональные контакты с российскими и международными научными обществами, инновационными фондами, ведущими мировыми научно-образовательными центрами и фармацевтическими предприятиями. основополагающими факторами выбора направлений деятельности стали: сетевой характер построения кластера на уровне научно-образовательных институтов ТПУ, возможность региональной кооперации с университетами и институтами РАН, малыми инновационными предприятиями, наличие портфеля перспективных разработок, способных обеспечить лидирующие позиции университета по направлению «медицинская инженерия».

Принцип построения кластера – **это открытые лабораторные платформы**. На базе формируемых платформ выполняются разработки и апробации биомедицинских технологий, разрабатываемых на основе интеграции отдельных научных дисциплин в меж-, мульти- и трансдисциплинарные фундаментальные и прикладные научные направления в коллаборации с международным научным сообществом.



ОГОРОВОДА
ЛЮДМИЛА МИХАЙЛОВНА



Заместитель министра образования и науки Российской Федерации



Кластер «Медицинская инженерия» формирует прочную основу для реализации биомедицинских комплексных проектов полного цикла и подготовки владеющих компетенциями, высококвалифицированных специалистов».



СОНЬКИН
МИХАИЛ АРКАДЬЕВИЧ



Заместитель губернатора Томской области по научно-образовательному комплексу и инновационной политике



Кластер «Медицинская инженерия» представляет один из элементов кластерной стратегии организации научной деятельности Томского политехнического университета и является важным связующим звеном, объединяющим научно-образовательные центры и предприятия региона для создания инновационной продукции от этапов генерации новых знаний и подготовки кадров до вывода на рынок социально значимых проектов».



application of radionuclides, neutron currents, and charge-particle beams. And primarily, this domain is associated with the diagnostics and treatment of oncological diseases. A wide-scale application of radiation medicine methods in the Russian public health practice is hindered by the insufficient amount and scarce nomenclature of diagnostic and, specifically, therapeutic radiopharmaceutical agents (RPAs) issued in Russia. **These shortcomings can be eliminated through the projects implemented within the Medical Engineering Cluster on developing a line of new globally competitive RPAs, appliances, and methodologies of medical radiology for the diagnostics and treatment of oncological and cardiovascular diseases.**

It is important to note that this research area is advanced with the use of such University's primary facilities as the RNR-T research nuclear reactor and the P7 cyclotron. This is strongly exemplified by the development of non-waste technology for the production of **technetium** generators which are the workhorse of radiation medicine. Every year over 36,000 patients benefit from the University's developments and receive high-technology aid for the diagnostics and treatment of oncological and cardiovascular diseases, with the overall number of them for all years approaching half a million.

The efforts in developing the new RPAs have been recently intensified in Tomsk. This happens to be owing to the technology platform "The Medicine of the Future" which serves as an efficient instrument for the implementation of such developments. **It is this technology platform that allowed creating an innovative high-informative nano-colloidal RPA to diagnose the oncology for the purpose of rapid and effective detection of sentinel lymph nodes.** As compared to foreign analogues, the elaborated agent is 5 times more active in terms of accumulation in lymph nodes. It is estimated that extensive application of the

agent in the medical practice will allow increasing the number of conservative operations by a factor of 3 or 4 in case of breast cancer and melanoma.

The advanced development of the recent years has become the creation of the first domestic RPA based on technetium-99 labeled antibiotic "ciprofloxacin, ^{99m}Tc " of a fluoroquinolone series for the diagnostics of infectious and inflammatory diseases. The advantage of the agent under development consists in the simplicity of its preparation achieved by uncomplicated chemical transformations. The agent's low cost offers the challenge to create radiodiagnosis kits that could be available at any nuclear medicine laboratory.

Nowadays it can be safely stated that Radiation Medicine in Tomsk has been formed as a sustainable research and innovative area where RPAs are being developed and manufactured, as well as used in clinical practice.

Among a wide range of radioactive compounds to be created within the project, such science-intensive products can be specifically named as antibodies labeled with alpha- and beta-emitting nuclides. According to the opinion of oncology experts, the introduction of such RPAs into clinical practice will allow treating widespread malignant neoplasms with high efficiency.

The priority field in the application of radiotechnology in medicine and specifically in electrophysical biomedical complexes is related to the creation of the automated complex for intraoperative radiation therapy on the basis of the induction accelerator with an external electron beam.

This oncology treatment method is implemented by means of applying a high single dose of ionizing radiation to malignant neoplasms in case they can be accessed surgically. The application of fast electrons is determined by the fact that the character of their

В настоящее время к реализации научно-исследовательских и технологических проектов привлечено более 30 малых инновационных компаний, ведущих предприятий фармацевтической и медицинской промышленности, национальных и зарубежных научных центров и университетов, занимающих лидирующие позиции по ключевым направлениям научно-образовательной и инновационной деятельности.

в области фармацевтики и медицинской техники. В результате сформирован пул из 18 сетевых проектов с малыми инновационными предприятиями, в том числе входящими в инновационный пояс ТПУ. В рамках одного из проектов ТПУ и СибГМУ создан первый межвузовский бизнес-акселератор «Darwin». С помощью бизнес-акселератора университеты намерены повысить количество технологических проектов в области



КОБЯКОВА
ОЛЬГА СЕРГЕЕВНА

И.о. ректора Сибирского государственного медицинского университета, профессор доктор медицинских наук

«Кластер «Медицинская инженерия» Томского политехнического университета на территории Томской области создает условия для разработки российских медицинских изделий, что в современных экономических реалиях крайне актуально с позиции импортозамещения и способствует воплощению фундаментальных и прикладных знаний в повышение качества медицинской помощи населению России».



КАРПОВ
РОСТИСЛАВ СЕРГЕЕВИЧ

Директор НИИ кардиологии, академик РАН

«В современной медицине успех лечения сердечно-сосудистых заболеваний во многом определяется уровнем используемых методов лечения и диагностики, наличием высокотехнологичного оборудования, уникальных препаратов и биомедицинских изделий. В этой связи совместные работы томских кардиологов и политехников представляют собой прочный интеллектуальный и технологический симбиоз, дающий практические положительные результаты в борьбе с «эпидемией XXI века».



ЧОЙНЗОНОВ
ЕВГЕНИЙ ЛХАМАЦЫРЕНОВИЧ

Директор Томского НИИ онкологии, академик РАН

«Развитие исследований в области ядерной медицины является ярким примером интеграции организаций научно-образовательного комплекса Томской области и залогом достижения выдающихся успехов в диагностике и терапии онкологических заболеваний».

Региональный аспект работы ученых ТПУ обусловлен тесным сотрудничеством с Инновационным территориальным кластером «Фармацевтика, медицинская техника и информационные технологии». Участие университета реализуется по направлениям: формирование конкурентоспособной исследовательской и технологической среды на территории Томской области; развитие механизмов стратегического сотрудничества с предприятиями, институтами РАН, венчурными фондами, обеспечивающими синергетический эффект взаимной поддержки производства инновационных продуктов и услуг

фармацевтики, биотехнологий, медицинской техники и информационных технологий в медицине, представляющих интерес для венчурных инвесторов.

Реализуемые в кластере «Медицинская инженерия» образовательные, научные и инновационные проекты носят сетевой характер и интегрируют наиболее востребованные и перспективные направления медицинской инженерии, развиваемые в университете.

Одно из ключевых направлений научно-инновационной деятельности связано с развитием

interaction with the irradiated environment has a number of favourable features, namely: the electron penetration distance is proportional to their energy, and the maximum of the absorbed dose can be formed at the desired distance. In the estimation of oncologists, the creation of the intraoperative therapy apparatus will improve a five-year recurrence-free survival rate in case of malignant neoplasms of various focalization by 20% as compared to the conventional treatment methods.

When it comes to the advanced areas of radiotechnology application in medicine, it is necessary to note such trend as the creation of bioactive, biocompatible and functional materials for medical use.

Within the framework of this area, a number of projects are underway at the University, which are aimed at developing non-toxic antitumoral agents, porous structures with multimodal pore distribution for the creation of bio-materials with controllable drug discharge, nano-porous materials for the creation of noninvasive disease diagnostics sensors, medical implants for reconstructive surgery with the use of biocompatible calcium-phosphate coatings, three-dimensional flexible capillary-porous matrices and polymer biodegradable/bioresorbable nonwoven fabrics for controlling structural-functional state of stem cells and creation of artificial tissues and organs.

The implementation of the projects will allow positioning TPU as one of the leaders in the development of materials for medical applications.

Other research trends suggested in the projects are also of high priority and in high demand. For instance, the network project implemented by TPU, the Cardiology Research Institute and Nanocor, LTD is aimed at creating a domestic vascular stent with a biodegradable coating containing chemically-modified nanomaterial which has antagonistic properties relative to the structure of an atherosclerosis plaque. The stent introduction will allow avoiding the recurrent arteriostenosis (restenosis) and eliminating the necessity for compulsory intake of anticoagulants by postsurgical patients. The significance of the development is difficult to overestimate because about 3 mln. vessel stenting operations are carried out annually.

One of the key objectives of the Medical Engineering Cluster is associated with the formation of the concept of modern education providing for the comprehensive improvement of all educational processes, as well as methods and technologies applied in the academic activity, with the introduction of the network principle for developing unique curricula adaptable to the requirements of the national real economy.



The modernization of the educational process requires the development and strengthening of interdisciplinary ties between engineering, physico-mathematical, scientific, liberal and economic disciplines, as well as introduction of the fundamentals of entrepreneurship, business economics, knowledge of social, information- and communicative, nano- and cognitive technologies into the engineering graduates' expertise.

Starting from 2014, a pilot project on the creation of the "Radiation Medicine" network master's program has been implemented under the auspices of the Medical Engineering Cluster. The program is elaborated by the creative teams of Tomsk Polytechnic, Siberian State Medical and Munich Technical Universities.

The program's competitive advantages are associated with the possibility to master the world's cutting-edge instrumental and analytical facilities in the field of radiation medicine on the basis of radiological clinics and equipment manufacturers.

The breakthrough results of the recent research in radiation medicine and radiotechnology have formed the solid foundation for the creation of high-technology developments in the area of effective methods for early disease detection, new drugs, regeneration technologies, bio-informatics, and neutron and radiation therapy. In the years ahead these projects will make it possible to drastically improve the life quality and quantity for millions of people.

ядерной медицины. Это область медицины, включающая профилактику, диагностику и лечение различных заболеваний органов и систем человека на основе применения радионуклидов, нейтронных потоков и пучков заряженных частиц. И, прежде всего, это направление связано с диагностикой и лечением онкологических заболеваний. Согласно федеральной статистике, при раннем обнаружении и эффективной терапии излечимости рака можно достигнуть в 90 % случаев. К сожалению, уровень диагностики указанных заболеваний и вопросы их эффективного лечения остаются «слабым местом» отечественного здравоохранения. Широкому внедрению методов ядерной медицины в практику отечественного здравоохранения препятствует недостаточный объем и скудная номенклатура диагностических и особенно терапевтических радиофармпрепаратов (РФП), выпускаемых в России. **Устранить эти недостатки призваны проекты, реализуемые в кластере «Медицинская инженерия» по направлениям создания линейки новых, конкурентоспособных на мировом рынке РФП, устройств и методик медицинской радиологии для диагностики и терапии онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний.**

Успешной реализации этих проектов будет способствовать Томский консорциум научно-образовательных и научных организаций, располагающих необходимой материально-технической базой, кадровым потенциалом, профессиональными компетенциями в области ядерной физики, биотехнологии, радиохимии, органической химии, токсикологии, фармации, экспериментальной и

клинической ядерной медицины. Важно отметить, что развитие этого научного направления осуществляется с использованием таких базовых установок университета, как исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т и циклотрон Р7. Ярким примером является создание безотходной технологии производства генераторов **технеция** – «рабочей лошадки» ядерной медицины. На сегодня диагностическими РФП на основе ^{99m}Tc обеспечиваются более 30 радиологических клиник от Москвы до Южно-Сахалинска. Ежегодно с использованием разработок университета высокотехнологичную помощь при диагностике и терапии онкологических и кардиологических заболеваний получают более 36 000 пациентов, а общее число за все годы приближается к полумиллиону.

Разработанная в Томске технология производства **технеция** позволяет в десятки тысяч раз уменьшить количество радиоактивных отходов по сравнению с «классической», которая используется во всем мире. Безотходное производство указанных генераторов приобрело особенную актуальность в настоящее время, когда мировая ядерная медицина стала испытывать дефицит в препаратах ^{99m}Tc . Это обусловлено изношенностью реакторной базы, производящей материнский ^{99}Mo по урановой технологии, где образуется огромное количество радиоактивных отходов. Дефицит ^{99m}Tc может привести к острейшему кризису в ядерной медицине в связи с планируемым закрытием в 2016 г. реактора Chalk River (Канада), на котором в настоящее время производится более 40 % мирового объема ^{99}Mo .





Генератор технеция «99mTc-GT-том».

Предназначен для многократного получения стерильного раствора пертехнетата натрия с радионуклидом ^{99m}Tc , используемого в качестве самостоятельного РФП, а также приготовления препаратов для ранней диагностики и терапии онкологических, кардиологических, неврологических, эндокринных и воспалительных заболеваний и патологии суставов с использованием специальных наборов реагентов.

Диагностические препараты на основе меченых ^{99m}Tc антибиотиков и нанокolloидных частиц.

Применяются для выявления «сторожевых» лимфатических узлов. Разработанный РФП в 5 раз активнее накапливается в сторожевых лимфатических узлах по сравнению с зарубежными аналогами, что позволяет многократно увеличить число органосохраняющих операций в онкологии.



Безотходный автоматизированный модуль для производства радиофармпрепаратов на основе изотопов технеция-99m.

Предназначен для производства диагностических радиофармпрепаратов непосредственно в медицинских клиниках, что обеспечивает снижение стоимости и повышает доступность получения высокотехнологичной медицинской помощи для широких слоев населения.

Перспективные таргетные РФП-тандемы (^{99m}Tc и ^{188}Re) для радиоиммунодиагностики и радиоиммунотерапии онкологических заболеваний.

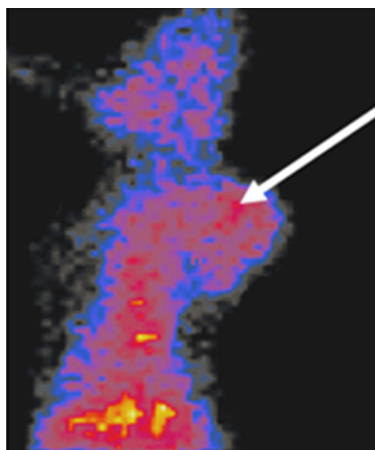
Таргетные РФП-тандемы – новый класс радиофармпрепаратов. Применяются для диагностики и терапии широкого спектра онкологических заболеваний. Позволяют не только выявлять патологический процесс и его распространенность, но и прогнозировать эффект применения терапевтического РФП.



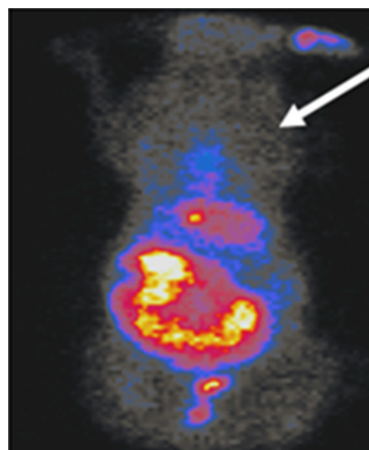
В последние годы в Томске активизировались работы по созданию новых РФП. Во многом это происходит благодаря технологической платформе «Медицина будущего», которая явилась эффективным инструментом реализации таких разработок. Именно эта технологическая платформа позволила создать новый, высокоинформативный нанокolloидный РФП для диагностики в онкологии с целью быстрого и эффективного выявления «сторожевых» лимфатических узлов. Эти узлы являются естественным «капканом» для злокачественных клеток, поэтому их выявление с последующим проведением биопсии является объективным диагностическим критерием распространения злокачественного процесса на самой ранней стадии. По сравнению с зарубежными аналогами разработанный препарат в 5 раз более активно накапливается в лимфатических узлах. Оценка распространения опухоли в эти узлы лежит в основе органосохраняющих онкологических операций. Оценки показывают, что широкое применение препарата в медицинской практике позволит в 3–4 раза увеличить число ор-

ганосохраняющих хирургических вмешательств при раке молочной железы и меланоме.

Перспективной разработкой последних лет стало создание первого отечественного РФП на основе меченого технецием-99m антибиотика «Ципрофлоксацин, ^{99m}Tc » фторхинолонового ряда для диагностики инфекционно-воспалительных заболеваний. Исследования в данном направлении имеют высокую социальную и медицинскую значимость, поскольку создание РФП способствует эффективному решению проблемы диагностики воспалительных процессов на ранних стадиях развития патологии, а также позволяет решить важную задачу разграничения бактериальной и асептической форм воспаления. Преимущество разрабатываемого препарата состоит в простоте его приготовления методом несложных химических превращений. Низкая себестоимость реагента открывает перспективы создания радиодиагностических наборов, которые будут доступны любой радиоизотопной лаборатории.



Сцинтифото кролика с абсцессом через 1,5 ч после внутривенной инъекции «Ципрофлоксацин, ^{99m}Tc ». Накопление РФП в области абсцесса



Сцинтифото кролика с очагом асептического воспаления в области лопатки через 1,5 ч после внутривенной инъекции. Отсутствие накопления РФП в зоне скипидарного воспаления

Стройная цепочка, позволяющая проходить стадии от идеи до организации производства и клинического применения РФП, сложилась благодаря тесному взаимодействию томских университетов (политехнического и медицинского), институтов кардиологии, онкологии и фармакологии, ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, малых инновационных предприятий. Сегодня можно смело утверждать, что в Томске сформировано устойчивое научное и инновационное направление – «Ядерная медицина», в котором происходит разработка и производство РФП, а также их использование в клинической практике.

В перспективах планы по реализации комплексного проекта полного цикла «Разработка и организация производства инновационных терапевтических и диагностических РФП для ядерной медицины». Среди широкого спектра радиоактив-

ных соединений, которые будут созданы в рамках этого проекта, можно отдельно выделить такую наукоемкую продукцию, как антитела, меченные альфа- и бета-излучающими нуклидами. По мнению ведущих экспертов-онкологов, внедрение в клиническую практику таких РФП позволит с высокой эффективностью лечить распространенные злокачественные новообразования. Для выполнения этого проекта формируется коллаборация, в состав которого дали согласие войти томские университеты (политехнический и медицинский), институты кардиологии, онкологии и фармакологии, Курчатовский институт, ОАО «ТВЭЛ».

Приоритетное направление применения радиационных технологий в медицине по направлению электрофизические биомедицинские комплексы связано с созданием автоматизированного комплекса для интраоперационной лучевой терапии на базе бетатрона с выведенным электронным пучком. В рамках проекта разрабатывается мобильный комплекс для проведения интраоперационной лучевой терапии и терапии поверхностных и приповерхностных злокачественных новообразований с использованием электронного пучка компактных бетатронов. Проект реализуется в рамках сетевого взаимодействия между Физико-техническим институтом и Институтом неразрушающего контроля.

Данный метод терапии онкологических больных реализуется путем подведения высокой однократной дозы ионизирующего излучения к злокачественным новообразованиям, когда доступ к ним обеспечивается хирургическим способом. Применение быстрых электронов обусловлено тем, что характер их взаимодействия с облучаемой средой обладает рядом благоприятных свойств, а именно: глубина проникновения электронов пропорциональна их энергии, а максимум поглощенной дозы можно сформировать на заданной глубине. При этом распределение поглощенной дозы электронов имеет резкий спад



Экспериментальный стенд автоматизированного комплекса для интраоперационной лучевой терапии

после достижения максимума, что исключает облучение здоровых тканей, располагающихся за патологическим очагом.

Создаваемый комплекс предусматривает генерацию пучка с энергией электронов до 6 МэВ, с использованием которого должна достигаться мощность дозы в тканезквивалентной среде на уровне 10 Гр/мин. Для достижения такого уровня мощностей дозы будет реализована схема работы бетатрона с частотой 400 Гц. Монтаж и запуск бетатрона на излучение планируется в 2015 году.

Отличительные преимущества разработки связаны с возможностью создания компактного, следовательно, менее дорогостоящего комплекса по сравнению с известными разработками на основе линейных ускорителей. Это, в свою очередь, позволит существенно расширить возможности населения для получения высокотехнологичной медицинской помощи при лечении онкологических заболеваний. По оценкам онкологов, создание аппаратного комплекса для интраоперационной терапии улучшит пятилетнюю безрецидивную выживаемость при злокачественных новообразованиях различных локализаций на 20 % по сравнению с традиционными методиками лечения.

В настоящее время комплексом на базе малогабаритных бетатронов интересуются специалисты из Англии, Китая, Польши. Ожидаемая минимальная годовая потребность в России – до 10 комплексов, а с учетом поставок на экспорт – 15. Ожидаемая цена реализации комплекса может составить 350–400 тыс. долларов США. Стоимость аналогичных комплексов зарубежных производителей на базе линейных ускорителей составляет порядка 800–1000 тыс. долларов США.

Говоря о перспективных направлениях применения радиационных технологий в медицине нельзя обойти вниманием такое направление, как создание биоактивных, биосовместимых и функциональных материалов для медицинских приложений. Медицинские материалы представляют собой быстрорастущую область науки и производства, что вызвано развитием практической медицины и медицинских технологий, направленных на поддержание и восстановление биологических функций организма независимо от начального состояния и возраста пациента.

В рамках этого направления в университете выполняется ряд проектов, направленных на разработку противоопухолевых агентов нетоксического действия, пористых структур с мультимодальным распределением пор для создания биоматериалов с контролируемым выделением лекарственных средств, нанопористых материалов для создания сенсоров неинвазивной диагностики заболеваний, медицинских имплантатов для реконструктивной хирургии с использованием биосовместимых кальций-фосфатных покрытий, трехмерных эластичных капиллярно-пористых матриц и полимерных биodeградируемых/биорезорбируемых нетканых материалов для управления структурно-функциональным состоянием стволовых клеток и создания искусственных тканей и органов.

Реализация этих проектов позволит позиционировать ТПУ как одного из лидеров в разработке материалов медицинского назначения. В частности, разработка противоопухолевых агентов на основе низкоразмерных структур, осуществляемая в рамках сетевого проекта Института физики высоких технологий, имеет мировой приоритет и высокую



практическую значимость, т.к. позволит создать новую высокоэффективную медицинскую технологию лечения злокачественных новообразований.

Высокоактуальными и востребованными являются и другие направления научных исследований, предлагаемых в проектах. Так, например, сетевой проект, реализуемый ТПУ, НИИ кардиологии и МИП ООО «Нанокор», направлен на создание отечественного сосудистого стента с биodeградируемым покрытием, содержащим химически модифицированный наноматериал, обладающий антагонистическими свойствами по отношению к структуре атеросклеротической бляшки. Внедрение стента позволит избежать повторного сужения артерии (рестеноз) и позволит исключить необходимость обязательного приема больными антикоагулянтов в послеоперационном периоде. Значимость разработки трудно переоценить, потому что ежегодно производится около 3 млн манипуляций стентирования сосудов.

Выполнение проектов по направлению биоинженерные технологии и материалы осуществляется в тесном сотрудничестве с ведущими отечественными и зарубежными научно-образовательными центрами, среди которых Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. академика Г.А. Илизарова», Сколковский институт науки и технологий, Томский государственный университет, Университет Дуйсбург-Эссен (Германия), Институт Фраунгофера (Германия), Университет Гента (Бельгия), Технологический университет Карлсруэ (Германия), Университет Риверсайд (США) и др.

Основополагающий подход к построению кластера – гармоничное сочетание учебного и научно-исследовательского процессов.

Одна из ключевых задач кластера «Медицинская инженерия» связана с формированием концепции современного образования, предполагающей комплексную модернизацию всех образовательных процессов, а также методов и технологий, используемых в учебном процессе, с внедрением сетевого принципа построения уникальных образовательных программ, адаптивных к потребностям реального сектора национальной экономики.

ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ КЛАСТЕРА – ГАРМОНИЧНОЕ СОЧЕТАНИЕ УЧЕБНОГО И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОЦЕССОВ.

Сетевой принцип построения образовательного процесса предусматривает организацию взаимодействия с научными и производственными организациями в интересах кадрового обеспечения крупных инвестиционных проектов, направленных на социально-экономическое развитие медицинской отрасли. Это направление связано с созданием совместных кафедр, лабораторий, баз производственных практик, R&D центров с научно-исследовательскими институтами и бизнес-структурами.

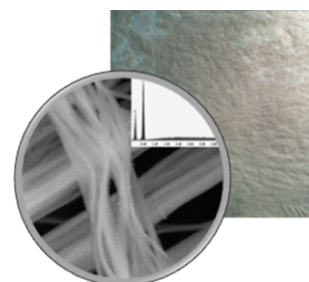
Стоит отметить, что модернизация образовательного процесса определяет необходимость развития и укрепления междисциплинарных связей между инженерно-техническими, физико-математическими, естественно-научными, гу-

МАТЕРИАЛЫ ТКАНЕВОЙ ИНЖЕНЕРИИ



Трехмерные эластичные капиллярно-пористые матрицы и полимерные биodeградируемые/биорезорбируемые нетканые материалы для управления структурно-функциональным состоянием стволовых клеток и создания искусственных тканей и органов (биореакторы).

Гибридные многокомпонентные материалы и покрытия нового поколения на основе неорганических соединений, фармакологических препаратов, фторуглеродных пластиков и полимеров органических кислот для ортопедии, реконструктивной и челюстно-лицевой хирургии.





манитарными и экономическими дисциплинами и включения в набор компетенций выпускников инженерных специальностей основ предпринимательства, экономики предприятий, знаний социальных, инфокоммуникационных, нано- и когнитивных технологий.

Расширение сотрудничества с зарубежными университетами, научными центрами и ведущими компаниями мира в сфере медицинской инженерии является важным шагом на пути повышения профессиональных компетенций специалистов и расширения присутствия университета на международном рынке образовательных услуг.

Современным трендом развития ядерной медицины является оснащение радиологических центров комплексами современного оборудования нового поколения. Однако первый опыт оснащения таких центров высокотехнологичным оборудованием выявил острый дефицит высококвалифицированных медицинских физиков для обслуживания и создания наукоемких методик его эксплуатации.

С 2014 года под эгидой кластера «Медицинская инженерия» реализуется пилотный проект по созданию сетевой магистерской программы «Ядерная медицина». Программа разрабатывается творческими коллективами Томского по-

В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ, ОДНИМ ИЗ ГЛОБАЛЬНЫХ ВЫЗОВОВ ЧЕЛОВЕЧЕСТВУ, ЯВЛЯЕТСЯ ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ ПЛАНЕТЫ.

литехнического, Сибирского государственного медицинского и Мюнхенского технического университетов с привлечением профильных специалистов НИИ онкологии и ряда медицинских учреждений, а также фирм-производителей современного высокотехнологичного оборудования. Реализуемый проект представляет собой первый опыт по разработке образовательной программы организациями разной ведомственной принадлежности с привлечением зарубежного университета-партнера.

Программа основывается на междисциплинарном подходе и строится по модульному типу с возможностью освоения на русском и английском языках дисциплин по анатомии, физиологии, биофизике, ядерной физике, взаимодействию излучения с веществом, планированию лучевой терапии и диагностики, радиохимии, основам клинической дозиметрии и обработке медико-биологической информации, математическому моделированию в медицине, биологии и др.

Конкурентные преимущества программы связаны с возможностью освоения самой современной в мире приборной и аналитической базы в области ядерной медицины на базе радиологических клиник и производителей оборудования. Программа обеспечена высококвалифицированным преподавательским составом из специалистов организаций разработчиков, имеющих опыт работы в ведущих мировых научно-образовательных центрах. Для усиления кадрового потенциала программы предусмотрено приглашение ведущих профессоров из вузов, входящих в топ-100 рейтинга QS.

В современном мире, одним из глобальных вызовов человечеству, является повышение качества и продолжительности жизни населения планеты.

Прорывные результаты исследований последних лет в области ядерной медицины и радиационных технологий сформировали прочный фундамент для создания высокотехнологичных разработок в области эффективных методов ранней диагностики заболеваний, новых лекарственных препаратов, регенеративных технологий, биоинформатики, нейтронной и лучевой терапии. В ближайшие годы эти разработки позволят коренным образом изменить качество и продолжительность жизни миллионов людей.