



## РЕАЛИЗАЦИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ВУЗА: МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ ПЛАТФОРМА ЛЭТИ "БИОТЕХНОСФЕРА"

В.Кутузов, д.т.н., В.Лучинин, д.т.н.,  
З.Юлдашев, д.т.н. / [cmid\\_leti@mail.ru](mailto:cmid_leti@mail.ru)

"Прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 года", утвержденный Правительством РФ 3 января 2014 года, определил приоритетные научные задачи, большинство из которых имеют междисциплинарный и социально ориентированный характер. Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" (СПбГЭТУ) в рамках реализации направления "Технологии превосходства и обучение для следующей генерации человеческого капитала" сформировал программу для обеспечения глобальной конкурентоспособности вуза в области прорывных технологий, инновационной продукции и профессионально ориентированных образовательных услуг. В качестве одного из приоритетов было определено развитие междисциплинарной научно-образовательной платформы "Биотехносфера". В настоящей публикации изложены базовые направления ее реализации.

**О**сновная функция платформы "Биотехносфера" – реализация междисциплинарных исследований [1] и образовательного процесса для обеспечения развития социально ориентированных биомедицинских технологий [2] (см. диаграмму), включая профилактику социально-значимых заболеваний, персонализированную медицину, замещение утраченных органов, а также расширение функциональных возможностей человека.

Основные положения платформы, а также направления исследований и разработок формировались с учетом действующего "Прогноза научно-технологического развития РФ на период до 2030 года" и, безусловно, "Приоритетных направлений развития науки, технологий и техники РФ". Анализ данных руководящих документов позволил определить наиболее значимые общенациональные задачи в рамках сформированного на перспективу стратегического вектора научно-технологического развития России (табл.1).

## IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE POTENTIAL OF THE UNIVERSITY: AN INTERDISCIPLINARY PLATFORM BIOTECHNOSPHERE

V.Kutuzov, D.Sc., V.Luchinin, D.Sc.,  
Z.Yuldashev, D.Sc. / [cmid\\_leti@mail.ru](mailto:cmid_leti@mail.ru)

The Scientific and Technological Development Outlook for the Russian Federation up to 2030 approved by the Russian Federation Government on 3 January 2014 identified priority scientific objectives, most of which are interdisciplinary and socially oriented ones. The Saint Petersburg State Electrotechnical University "LETI" (ETU) to implement the priority "Technologies of Excellence and Training for the Next Generation of Human Capital", a programme to ensure the global competitiveness of the university in the field of advanced technologies, innovative products and professionally oriented educational services. Promotion of the Biotechnosphere interdisciplinary research and educational platform was determined as one of the priorities. This publication sets out the key directions for the programme implementation.

**T**he main function of the Biotechnosphere platform is to conduct interdisciplinary research [1] and deliver education to ensure the development of the socially oriented biomedical technologies [2] (see chart) including prevention of the socially significant diseases, personalised medicine, the replacement of lost organs and the enhanced human functional capabilities.

The main provisions of the platform as well as the research and development priorities were created with due account for the existing Scientific and Technological Development Outlook for the Russian Federation up to 2030 and certainly the Priority Areas of Science, Technology and Engineering of the Russian Federation. A review of guidance documents to reveal the most important national objectives following the generated strategic vector for scientific and technological development of Russia (table 1).

### BIOTECHNOSPHERE. MAGNITUDE AND RELEVANCE OF THE ISSUE

A review of the relevance and magnitude of the problem to be solved within the framework of the



### БИОТЕХНОСФЕРА. АКТУАЛЬНОСТЬ И МАСШТАБНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Анализ актуальности и масштабности проблемы, решаемой в рамках научно-образовательной платформы "Биотехносфера", позволил определить ряд системных тенденций. В частности, формируется устойчивый спрос на новое качество жизни, включая возможность компенсации утраченных функций организма путем трансплантации искусственных органов и создание дружественного интерфейса "человек – информационная среда" нового поколения.

Общие тенденции в предоставлении медицинских услуг определяются профилактической направленностью, персонализацией, реализацией биомедицинского мониторинга в домашних условиях в сочетании с современными инфотелекоммуникационными системами (телемедицина). При этом отмечается распространение болезней мегаполисов (больших городов), характеризующихся аллергическими патологиями, заболеваниями, связанными с низким уровнем гигиены (болезнями нищих), и недостаточной эффективностью мер по предупреждению инфекционных заболеваний, а также самолечением при низком уровне доверия к официальной медицине.

Значительная динамика рынков определяется спросом на новые неинвазивные технологии диагностики, интеграцией биоинформационных, геноинженерных и фармацевтических технологий с достижением возможности персонализации терапевтического воздействия, развитием технологии адресной доставки лекарственных средств, ростом спроса на органы и ткани для замещения утраченных функций.

Также следует отметить тенденцию к развитию культуры и технологий моделирования с реализацией и контролем процессов на атомно-молекулярном уровне, интеллектуализации и быстрой адаптации молекулярных производств персонализированной продукции трансплантологии и "умных" лекарств.

В целом, можно выделить следующие общемировые направления научно-технологического развития в сфере биотехнологий:

- многомасштабное моделирование сложных биологических систем, внедрение новых материалов искусственного и синтетического происхождения, воспроизводящих отдельные функции биообъектов, развитие методов биоинформатики для геномного, транскриптомного и протеомного анализа;
- диагностикумы *in vitro* типа "лабораторий на чипе" – биосенсоры и биочипы, обладающие высокой селективностью и близкой к известным аналитическим методам чувствительностью в сочетании с простотой эксплуатации и экономической доступностью для использования в домашних

Таблица 1. Комплекс задач при реализации мероприятий научно-технологического развития России  
Table 1. Complex of tasks for the scientific and technological development of Russia

Задачи Tasks	Направления, мероприятия Directions, measures
<p>Корректировка перспективных направлений науки и техники The adjustment of the promising areas of science and technology</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Стратегический вектор – технологический прорыв;</li> <li>• фундаментальные исследования и программы с длительным "горизонтом" реализации;</li> <li>• прикладные исследования с приоритетом реализации на базе технологических платформ в рамках целевых программ;</li> <li>• динамичный трансфер технологий с практическим внедрением разработок.</li> <li>• Strategic vector – a technological breakthrough;</li> <li>• fundamental researches and programs with long-term horizon of implementation;</li> <li>• applied research with priority of implementation based on technological platforms in the framework of special programs;</li> <li>• dynamic transfer of technologies and practical implementation of developments</li> </ul>
<p>Формирование внутреннего спроса на высокие технологии The formation of the domestic demand for high technology</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Система государственных закупок;</li> <li>• инвестиционные программы госкомпаний;</li> <li>• софинансирование проектов со стороны бизнеса.</li> <li>• Public procurement;</li> <li>• the investment programs of state-owned companies;</li> <li>• co-financing of projects by business</li> </ul>
<p>Профессионально-ориентированное образование Professionally-oriented education</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Новые профессиональные стандарты и требования к квалификации специалиста, востребованные бизнесом;</li> <li>• гибкий рынок труда с возможностью реализации новых профессиональных стандартов;</li> <li>• принятие правовых актов для обеспечения дистанционного образования;</li> <li>• возрождение школьной профориентации.</li> <li>• New professional standards and requirements for staff qualification, demanded by the business;</li> <li>• a flexible labour market with the ability to implement new professional standards;</li> <li>• the adoption of legal acts to provide distance education;</li> <li>• the revival of school guidance</li> </ul>



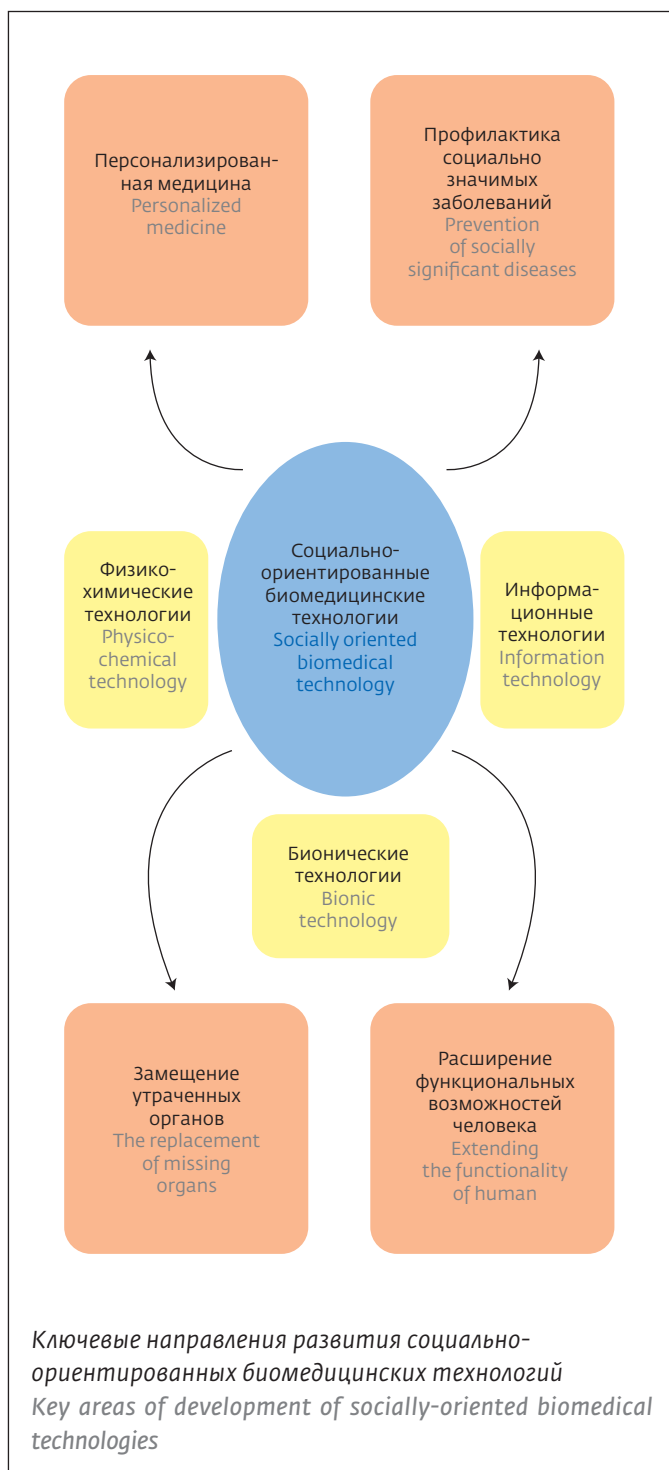
условиях, а также с интерфейсом для интеграции в информационные сети, обеспечивающие предоставление дистанционных медицинских услуг;

- комбинаторная молекулярная сенсорика, в том числе на основе аптомеров для создания эффективных средств диагностики и анализа статистических и динамических факторов патологических состояний;
- персонализированная медицина, ориентированная на систематическую индивидуальную профилактическую диагностику и биоинформационные методы в геномных, постгеномных и протеомных технологиях с достижением возможности персонализации "рецепта" терапевтического воздействия;
- биоинженерные технологии, включая регенеративные и клеточные технологии, неорганические и органические материалы неживотного происхождения, биозамещающие импланты для направленной регенерации и трансплантации органов и тканей;
- технологии адресной доставки лекарств на основе искусственных нанокластеров органической и органо-неорганической природы;
- биоинформационные технологии, повышающие "точность" диагностики, эффективность лечения и его персонализацию.

### МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КЛАСТЕР "БИОТЕХНОСФЕРА"

Формирование на базе вуза конкурентоспособного мультидисциплинарного медико-технического научно-образовательного кластера "Биотехносфера" основано на системной интеграции инфраструктурного, научного, информационно-аналитического и кадрового потенциалов в рамках комплементарного развития действующих научно-образовательных платформ [3], центров превосходства и трансфера технологий для проведения комплексных междисциплинарных прорывных исследований и разработок в области бионических и биомедицинских систем, прототипирования наукоемкой продукции и воспитания профессиональной элиты.

В основе развития в рамках вышеуказанного кластера научно-исследовательской и образовательной деятельности и, в первую очередь, направления "Биомедицинские и бионические системы и технологии для обеспечения жизнедеятельности человека и расширения его функциональных возможностей", лежит совокупность базовых положений, определяющих в качестве приоритетов инновационного развития фундаментальные междисциплинарные исследования,



Biotechnosphere scientific and educational platform made it possible to identify a number of consistent trends. In particular, there has been a higher demand for new quality of life including the ability to compensate for lost functions by transplantation of artificial organs and creation of the user-friendly "man-information environment" interface of a new generation.



мультидисциплинарную образовательную парадигму, межотраслевую инженерную деятельность и социально-ориентированные технологии.

Для достижения поставленной цели предполагается реализация фундаментальных исследований, являющихся базисом для будущих технологий превосходства с прогнозируемыми высокой конкурентоспособностью и социально-экономической эффективностью, проведение прикладных исследований, ориентированных на накопление, систематизацию, селекцию знаний в междисциплинарных областях востребованных технологических ниш с экспресс-трансформацией разработок от исследовательской стадии к производственной (включая прототипирование наукоемкой продукции), а также формирование новой генерации профессиональной элиты как базиса для обеспечения конкурентоспособности отечественной научной продукции, трансфера технологий и предоставления профессионально ориентированных образовательных услуг.

Реализация в ЛЭТИ платформы "Биотехносфера" предполагает исследовательскую, инженерную и образовательную деятельность по следующим направлениям:

- молекулярный дизайн искусственных протеиновых систем для биосенсорики и трансплантологии;
- биомиметические материалы, биоконпозиты, 3D-биопечать;
- Мультикомплексные микроплатформы ("лаборатории-на-чипе") для биомолекулярной экспресс-диагностики патологических состояний и патогенных инфекций;
- интеллектуальные ткани ("умная одежда") для персонального неинвазивного медико-биологического экспресс-мониторинга;
- микро- и наносистемы биометрической идентификации личности;
- бионические робототехнические системы, включая биоподобные и антропоморфные устройства, искусственные органы и конвергентные (гибридные) системы на основе интеграции биообъектов и технических микро- и наносистем;
- информационные технологии дополненной и виртуальной реальности биомедицинского назначения.

При проведении фундаментальных исследований приоритетами станут молекулярный дизайн, процессы самообработки и самоорганизации макромолекул и надмолекулярных систем; моделирование и синтез искусственных органических

General trends in the provision of health services are determined by the preventive orientation, personalisation, biomedical monitoring at home combined with the latest information and telecommunication systems (telemedicine). There has been recorded a spread of megacity diseases (in big cities) characterised by allergic diseases, diseases associated with poor hygiene (poor people diseases), and the lack of effective measures to prevent infectious diseases as well as self-treatment with a low level of trust in the official health care system.

Much of the market dynamics is determined by the demand for new non-invasive diagnostic technologies, integration of the bioinformatic, genetic engineering and pharmaceutical technologies with an option of the personalised therapeutic effects, the development of technology for targeted delivery of medicines, an increased demand for sites (organs and tissues) for replacement of the lost functions.

It should also be noted the tendency towards the development of the modelling culture and technologies to implement and control processes at the atomic and molecular levels, intellectualisation and rapid adaptation of molecular production to personalised transplantation products and "smart" medicines.

In general, the following global trends in the scientific and technological development in the field of biotechnology can be highlighted:

- multi-scale modelling of complex bio-organic systems, the introduction of new materials of the artificial and synthetic origin that reproduce certain features of biological objects, the development of bioinformatic methods for the genomic, transcriptomic and proteomic analysis;
- in vitro diagnostic tools such e.g. a lab on a chip – biosensors and biochips with high selectivity and close to the known analytical methods sensitivity combined with ease of use and affordability for home use as well as with an interface for integration into information networks to ensure the provision of health services remotely;
- combinatorial molecular sensing also including aptamers to create effective means of diagnosis and analysis of the statistical and dynamic factors of pathological conditions;
- personalised medicine focused on the systematic individual preventive diagnostics and bioinformatic methods in the genomic, post-genomic and proteomic technologies to allow for personalising a therapeutic intervention 'recipe';
- bioengineering technologies including regenerative and cell technologies, inorganic and organic



и органо-неорганических надмолекулярных композиций – функциональных сред, характеризующихся сверхбольшой информационной емкостью, высокой удельной энергонасыщенностью, селективностью к внешним воздействиям, ассоциативностью и распределенностью процессов обработки информации; технологии синтеза биомиметических материалов, имитирующих структурно-материальную организацию отдельных элементов биосистем и базовые принципы вещественно-энергетических и информационных процессов, обеспечивающих их функционирования.

В прикладных исследованиях приоритетным будет создание следующих решений: искусственных органов, обеспечивающих замещение естественных систем или утраченных функций; персональных сенсорных систем для экспресс-диагностики заболеваний, инфекций, функционального состояния организма и его биокоррекции; конвергентных комплексов на основе интеграции создаваемых человеком искусственных неорганических систем и объектов биоорганической природы; бионических робототехнических систем для расширения функциональных возможностей человека; дружественного полифункционального адаптивного человеко-машинного интерфейса для обеспечения индивидуальной комфортной среды обитания и функционирования человека.

В ЛЭТИ уже разрабатывается большая номенклатура продукции медико-биологического назначения:

- алгоритмы и программные средства топологического кодирования цепных полимеров и искусственных белков [4,5];
- коллоидные магнитные наноконпозиты для адресной доставки лекарственных средств и улучшения их фармакокинетических параметров [6];
- кластер гибкой печати 3D-биоимплантов и биозамещающих материалов [7];
- миниатюрные интегрированные платформы – "лаборатории на чипе" для экспресс-идентификации патогенных микроорганизмов и тестирования их чувствительности к антимикробным препаратам [8];
- портативная система на основе "лаборатории на чипе" капиллярного типа для экспресс-контроля размера, подвижности и агрегативной устойчивости магнитных наночастиц для адресной доставки лекарственных средств и высокочастотной терапии новообразований [9];

materials of the non-animal origin, bio-substituting implants for the guided regeneration and transplantation of sites;

- targeted drug delivery technologies based on artificial nanoclusters of the organic and organic-inorganic nature;
- bioinformatic technologies that enhance the "precision" of diagnostics, treatment efficiency and personalisation.

### MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL CLUSTER BIOTECHNOSPHERE

Creation of a competitive university-based multidisciplinary medical-scientific-technical educational cluster Biotechnosphere is based on the consistent integration of the infrastructure, scientific, informational and human resource capacities in the framework of the complementary development of existing research and educational platforms [3], centres of excellence and technology transfer for the integrated interdisciplinary research and breakthrough developments in the field of bionic and biomedical systems, prototyping high technology products and educating professional elite representatives.

For the above cluster, at the core of development of the research and educational activities and, above all, the area of the Biomedical and Bionic Systems and Technologies for Human Life and Extending Human Functionality there is a set of basic provisions setting out the interdisciplinary research, multidisciplinary educational paradigm, inter-branch engineering activities and socially-oriented technologies as the fundamental innovation development priorities.

To achieve this goal it is intended to conduct basic research to provide the basis for the future superiority technologies with the foreseen high competitiveness and socio-economic efficiency, conduct applied research focused on accumulation, systematisation, the selection of knowledge in interdisciplinary areas of the requested technological niches with rapid transformation of developments from a research stage to production (including prototyping high technology products) as well as the creation of a new generation of professional elite to ensure competitiveness of the national scientific products, technology transfer and the provision of career-oriented educational services.

Implementation in LETI of the Biotechnosphere platform involves the research, engineering, and educational activities in the following areas:



- искусственный сенсорный текстиль с гальваническим и оптическим топологическим кодированием [10];
- портативная, интегрированная в текстиль система неинвазивной регистрации динамики совокупности физиологических параметров ("умная одежда") [1];
- портативный малодозовый микрофокусный рентгенодиагностический комплекс [11];
- биоробототехнические системы на основе интеграции моторики насекомых и искусственных сенсорно-телекоммуникационных микромодулей [12].

Совокупность базовых критериев, определяющих приоритетные медико-технические и эксплуатационные характеристики создаваемой наукоемкой продукции, включает миниатюрность, мобильность, автономность, энергоэффективность и информационную емкость, интегрируемость, унификацию, конформность и биосовместимость.

Эффективность инновационной продукции предполагается обеспечить с учетом доминирования при оценке потребительских качеств, базирующихся на ее интеллектуальном инновационном потенциале, а также социальной и оборонной значимости; возможности интеграции в мировое разделение труда при внутренней и внешней защите реализованной в продукции интеллектуальной собственности; резкого возрастания значимости вклада человеческого капитала в создание продукции с высоким уровнем интеллектуальной составляющей.

### **ПРОРЫВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА**

"Мягкой силой" для перехода в шестой технологический уклад, одним из базовых направлений которого, безусловно, будет "биотехносфера", являются прорывные инновационные технологии и качество человеческого капитала.

Прорывные технологии характеризуются непредвиденностью, интеллектуальным превосходством и, как правило, мультидисциплинарностью, что обеспечивает их новизну и конкурентоспособность наукоемкой продукции.

Качество человеческого капитала обеспечивается в рамках концепции образования для следующей генерации. Ее основополагающая тенденция – достижение, сохранение и развитие компетенций через естественнонаучную фундаментальную составляющую образования в рамках междисциплинарного подхода и профессиональной

- molecular design of artificial systems for the protein systems for biosensors and transplantology;
- biomimetic materials, biocomposites and 3D bioprinting;
- multi-integrated micro-platforms (lab-on-a-chip) for biomolecular rapid diagnosis of pathological conditions and disease-causing infections;
- smart tissues (smart clothes) for personal, non-invasive biomedical express monitoring;
- micro- and nano-biometric identification;
- bionic robotic systems including biosimilar and anthropomorphic devices, artificial organs and convergent (hybrid) systems based on the integration of biological objects and technical micro- and nanosystems;
- information technologies of the augmented and virtual realities for biomedical applications.

In conducting fundamental research top priority will be attached to the molecular design, the processes of self-treatment and self-organisation of macromolecules and supramolecular systems; modelling and synthesis of artificial organic and organic-inorganic supramolecular compositions – functional environments characterised by very large-scale information capacities, high specific energy saturation, selectivity to external influences, associativity and distributed information processing; biomimetic material synthesis technology that simulate the structural and material organisation of individual elements of the biological systems and the basic principles of the real-energy and information processes that ensure their functioning.

In applied research emphasis is put on the creation of the following solutions, i.e. artificial organs ensuring replacement of the natural systems or lost functions; personal sensor systems for rapid diagnosis of diseases, infections, functional state of the organism and its bio-correction; converged systems based on the integration of artificial human-made inorganic systems and objects of the bio-organic nature; bionic robotic systems for extending the functionality of a human; friendly multifunctional adaptive human-machine interface to ensure the individual comfortable environment and the functioning of a human.

LETI has been developing quite a range of products of the medical and biological applications:

- algorithms and software for topological coding chain polymers and artificial proteins [4,5];



Таблица 2. Матрица востребованности медико-технических исследований и разработок в социально ориентированной медицине  
Table 2. The matrix of the demand for medical-technical research and development in socially oriented medicine

Социально-ориентированные биомедицинские технологии Socially oriented biomedical technology	Направления медико-биологических исследований и разработок Areas of biomedical research and development					
	Молекулярный дизайн Molecular design	Молекулярная экспресс-диагностика in vitro ("лаборатория на чипе") Molecular express diagnostics in vitro (lab-on-a-chip)	Молекулярная диагностика и терапия in vivo (коллоиды) Molecular diagnosis and therapy in vivo (colloids)	Искусственные органы – биопечать Artificial organs – bio-printing	"Умная одежда" – текстиль Smart clothes – textile	3D-модели биообъектов (органов) – дополненная реальность 3D models of biological objects (organs) – augmented reality
Профилактика социально значимых заболеваний Prevention of socially significant diseases	+	+	+	+	+	0
Персонализированная медицина Personalized medicine	+	+	+	+	+	+
Замещение утраченных органов и функций The replacement of missing organs and functions	+	+	+	+	+	+
Расширение функциональных возможностей человека Extending the functionality of human	0	+	0	+	+	0

+ – непосредственное влияние, 0 – опосредованное влияние  
+ – direct influence, 0 – indirect influence

ориентации, основанной на непрерывности и мобильности образования. В качестве общенациональной задачи определен переход от обучения к воспитанию личности.

В ЛЭТИ в рамках реализации работ, определенных научно-образовательной платформой "Биотехносфера", построена матрица наиболее прогрессивных и востребованных медикобиологических исследований и разработок в социально ориентированной медицине (табл. 2).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лучинин В.В. Мультидисциплинарные технологии. Гибкая электроника и фотоника. – Нано- и микросистемная техника, 2013, № 12 (161), с. 2-7.

- colloidal magnetic nanocomposites for targeted drug delivery and improvement of their pharmacokinetic parameters [6];
- a cluster of flexible printing 3D bioimplants and bio-substituting materials [7];
- diminutive integrated platforms – lab-on-a-chip for express identification of the pathogenic microorganisms and testing their sensitivity to antimicrobial agents [8];
- a portable system based on the lab-on-a-chip capillary type for rapid control of the size, mobility and aggregate stability of magnetic nanoparticles for targeted drug delivery and high-frequency therapy of neoplasms [9];
- artificial touch-sensitive textile with galvanic and optical topological coding [10];



2. **Лучинин В.В.** Наноиндустрия и "человеческий капитал". – Нано- и микросистемная техника, 2008, № 1, с. 6-13.
  3. **Кутузов В.М., Лучинин В.В.** Реализация инновационного потенциала вуза. Нанотехнологическая платформа ЛЭТИ. – Наноиндустрия, 2012, № 7, с. 34-39.
  4. **Карасев В.А., Лучинин В.В.** Введение в конструирование бионических наносистем. – Монография, М.: Физматлит, 2011, 464 с.
  5. **Карасев В.А., Лучинин В.В., Соколов А.И.** Био- и квантово-информационные технологии в нанoeлектронике: учеб. пособие. – СПбГЭТУ "ЛЭТИ", Спб., 2013, 220 с.
  6. **Гареев К.Г., Лучинин В.В., Мошников В.А.** Магнитные наноматериалы, полученные химическими методами. – Биотехносфера, № 5, 2013, с. 2-13.
  7. **Афанасьев П., Бохов О., Лучинин В.** Научно-технологический комплекс экспресс-прототипирования изделий гибкой электроники и фотоники. – Наноиндустрия, 2013, № 6 (44), с. 94-104.
  8. **Зими́на Т.М., Соловьёв А.В., Лучинин В.В., Муратова Е.Н., Краева Л.А., Хамдулаева Г.Н.** Принципы создания гибридных миниатюрных приборов для выращивания колоний микробных клеток на основе пористого анодного оксида алюминия. – Нано- и микросистемная техника, 2013, № 12 (161), с. 19-34.
  9. **Зими́на Т.М., Соловьёв А.В., Лучинин В.В., Николаев Б.П.** Экспресс-методы исследования размера, подвижности и агрегационной устойчивости магнитных наночастиц в микрокапиллярном чипе. – Нано- и микросистемная техника, 2012, № 12 (149), с. 30-35.
  10. **Мальгунова Н.А., Буренева О.И., Сафьянников Н.М.** Ткани с экранирующими переплетениями: структура, свойства, дизайн. – Дизайн. Материалы. Технология., 2009, № 4, с. 125-129.
  11. **Клестова И.А., Васильев А.Ф., Потрахов Н.Н.** Панорамная микрофокусная рентгенография зубочелюстной системы при массовом обследовании ограниченного контингента. – Биотехносфера, № 3, 2014, с. 13-18.
  12. **Афанасьев П.В., Бороденков Н.И., Бохов О.С., Лучинин В.В., Устинов Е.М., Юдин Р.В.** Экспресс-прототипирование микроустройства с радиоканалом. – Нано- и микросистемная техника, 2012, № 12 (149), с. 71-74.
- a portable and textile-integrated system for non-invasive recording of the dynamic set of physiological parameters (smart clothes) [1];
  - a portable X-ray microfocus low-dose diagnostic unit [11];
  - biorobotic systems based on the integration of insect motility and artificial sensory-telecom micromodules [12].
- The basic criteria for determining the priority medical, technical and operational characteristics of developed high-tech products include diminutiveness, mobility, independence, energy efficiency and data capacity, integrability, harmonisation, conformity and biocompatibility.
- It is expected to ensure the efficiency of innovative products taking into account dominance in the evaluation of consumer properties based on their intellectual innovation potential as well as the social and defence significance; the possibility of integrating into the global division of labour with the internal and external protection of intellectual property in the products; raising the importance of the human capital contribution to the creation of products with a high intellectual proportion.

#### BREAKTHROUGH TECHNOLOGIES AND QUALITY OF HUMAN CAPITAL

The "soft power" designed to move to the sixth technological mode, one of the basic directions of which will surely be biotechnosphere, is represented by breakthrough innovation technologies and the quality of human capital. Breakthrough technologies are characterised by unexpectedness, intellectual superiority and usually multidisciplinary to ensure their originality and competitiveness of high-tech products.

The quality of human capital is ensured within the concept of education for the next generation. The fundamental trend lies in achieving, preserving and fostering competencies through the fundamental natural-science component of education within the interdisciplinary approach and professional orientation based on the continuity and mobility of education. Transition from education to bringing up a character is defined as a national goal.

In LETI as part of the work determined by the Biotechnosphere research and educational platform a matrix of the most advanced and popular biomedical R&D outcomes in the socially oriented health care was set up (table 2). ■