

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Фонд «Росконгресс»

Правительство Новосибирской области

---

**Сборник докладов и материалов по мероприятиям научных  
центров мирового уровня (НЦМУ)**

**«НЦМУ на пике глобальных научных достижений»**

Петербургский международный экономический форум

2 июня 2021

**«Научные центры мирового уровня: от Индустрии 4.0 к  
Обществу 5.0»**

VIII Международный форум технологического развития «Технопром-2021»

25 августа 2021

**«НЦМУ — развитие высоких технологий для  
повышения научно-технического потенциала и  
конкурентоспособности России в фокусе Дальнего  
Востока»**

Восточный экономический форум

3 сентября 2021

октябрь 2021

## Оглавление

ЧАСТЬ I ПАНЕЛЬНАЯ ДИСКУССИЯ «НЦМУ на пике глобальных научных достижений».....	3
«НОВЕЙШИЕ ФОТОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МЕДИЦИНЫ», Коптев М. Ю. ....	3
«РЕДКИЕ И МАЛОИЗУЧЕННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ. ГЕННАЯ ТЕРАПИЯ – ПЕРСПЕКТИВЫ В МЕДИЦИНСКОЙ НАУКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ», Костарева А. А. ....	9
«КОГДА ЗАКОНЧИТСЯ ЭПОХА НЕФТИ?», Нургалиев Д.К. ....	14
«НАУЧНЫЙ ЦЕНТР МИРОВОГО УРОВНЯ «ЦИФРОВОЙ БИОДИЗАЙН И ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЕ», Тимашев П.С. ....	23
«К ИНДУСТРИИ 5.0 ЧЕРЕЗ РАЗВИТИЕ ГИБРИДНОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ», Фирсов М. Л. ....	27
ЧАСТЬ II КРУГЛЫЙ СТОЛ «Научные центры мирового уровня: от Индустрии 4.0 к Обществу 5.0» .....	40
«МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР В АКАДЕМГОРОДКЕ КАК КАТАЛИЗАТОР ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК», Вдовин Е.П. ....	40
«ЧЕЛОВЕКОЦЕНТРИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ», Вишневский К. О. ....	44
«АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ФОТОНИКИ», Геликонов Г. В. ....	51
«ВЛИЯНИЕ НАУЧНОГО ЦЕНТРА МИРОВОГО УРОВНЯ НА ПОВЫШЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РОССИИ», Овчарова Л. Н. ....	57
«НАУЧНЫЙ ЦЕНТР МИРОВОГО УРОВНЯ «АГРОТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО» — ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ НАУКИ, ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ», Скуратов А.К. ....	64
ЧАСТЬ III КРУГЛЫЙ СТОЛ «НЦМУ — развитие высоких технологий для повышения научно-технического потенциала и конкурентоспособности России в фокусе Дальнего Востока».....	77
«ЦИФРОВАЯ ОБЛАЧНАЯ ПЛАТФОРМА ИСП РАМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ БИМЕДИЦИНСКОГО ДОМЕНА», Аветисян А. И. ....	77
«АКТГ-ЭКТОПИЧЕСКИЙ СИНДРОМ: НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ», Гринева Е. Н. ....	80
«АГРОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ И ДОЛГОЛЕТИЯ», Хлесткина Е. К., Заварзин А. А. ....	83
«РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕДИЦИНЕ», Копылов Ф. Ю. ....	93
«АКТУАЛЬНОСТЬ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КАРДИОЛОГИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ», Костарева А. А. ....	97
«СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ В ОНКОЛОГИИ: «ЦИФРОВОЙ ПАЦИЕНТ», Секачева М. И. ....	101
«ТЕХНОЛОГИИ СИЛЬНОГО ГИБРИДНОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ», Шичкина Ю. А., Кринкин К. В., Куприянов М. С., Буренева О. И. ....	106

**ЧАСТЬ I**  
**ПАНЕЛЬНАЯ ДИСКУССИЯ**  
**«НЦМУ на пике глобальных научных достижений»**

**«НОВЕЙШИЕ ФОТОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МЕДИЦИНЫ»**

**Коптев М. Ю.,**  
**научный сотрудник ФГБНУ ФИЦ ИПФ РАН**  
**НЦМУ «Центр Фотоники»**

Мое сегодняшнее выступление посвящено новейшим фотонным технологиям для медицины, которые разрабатываются в Научном центре мирового уровня (НЦМУ) «Центр Фотоники». Наш научный центр является коллаборацией трех институтов: Института прикладной физики Российской академии наук (ИПФ РАН), Института общей физики Российской академии наук (ИОФ РАН) и Нижегородского государственного университета (ННГУ). Руководителем Центра является академик Е.А. Хазанов.



*Рис. 1. Консорциум НЦМУ «Центр Фотоники»*

В настоящее время в нашем центре ведутся работы по семи направлениям, связанным с медициной: три из них в ИПФ РАН, два в ИОФ РАН, одно в ННГУ и одно совместно в ИПФ РАН и НЦВО РАН.

Первое направление — это **Высокоскоростная оптико-акустическая реконструкция в «Fourier domain»**. Методы оптико-акустической реконструкции направлены на увеличение глубины резкости оптико-акустического микроскопа с 750 мкм до 2 миллиметров. В настоящий момент разработано два способа его компьютерной реализации — алгоритм TD-CPU, осуществляющий процессорные вычисления во временной области и FD-CPU алгоритм, осуществляющий наиболее трудоемкие вычисления в частотной области. В рамках проекта НЦМУ алгоритмическая часть метода FD-CPU реконструкции была реализована на графических процессорах (GPU), что позволило сократить время вычислений в десятки раз и осуществлять реконструкцию в реальном времени.

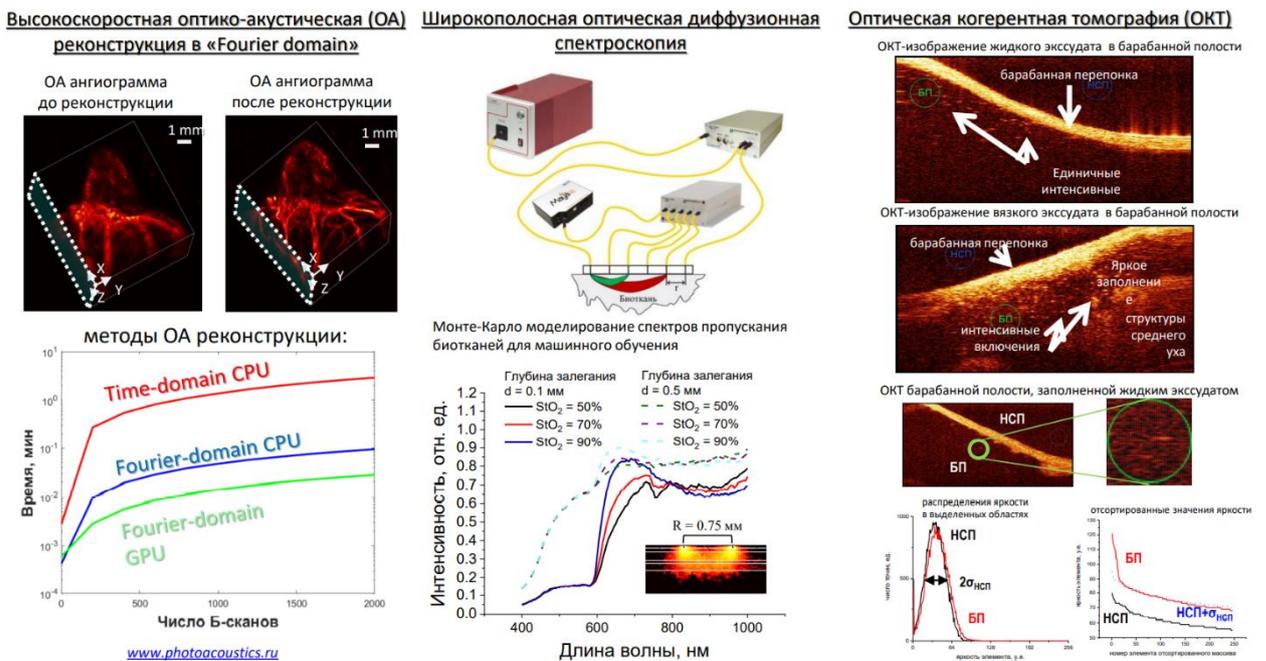


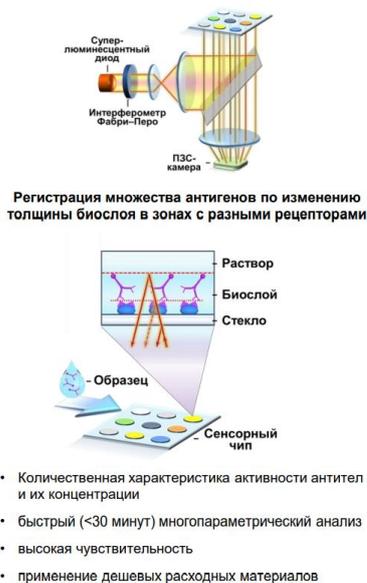
Рис. 2. Направления научной работы НЦМУ «Центр Фотоники»

Второе направление — **Широкополосная оптическая диффузионная спектроскопия**. В рамках НЦМУ была разработана конструкция новой установки для оптической диффузионной спектроскопии (ОДС). В предложенной конструкции применяется широкополосный источник света (400-1000 нм), контактный щуп и два оптоволоконных переключателя, которые обеспечивают регистрацию рассеянного биотканями оптического

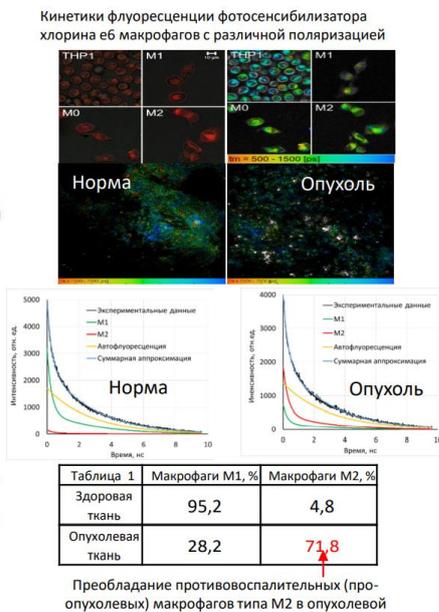
излучения с помощью спектрометра при различных расстояниях между источником излучения и детектором. Для реконструкции хромофоров ткани была разработана платформа для численного моделирования спектров пропускания биоткани, основанная на методе Монте-Карло.

Третье направление — **Оптическая когерентная томография**. В рамках НЦМУ был разработан способ идентификации отдельных рассеивателей на фоне шумов. Предложенный способ, основан на использовании особенностей сканирования в ОКТ и статистическом анализе фрагментов изображения. Разработанный подход может быть использован при разработке автоматизированных алгоритмов определения наличия выпота высокой степени прозрачности в барабанной полости человека при остром, в том числе постоперационном экссудативном среднем отите.

**Биосенсорная платформа на основе низкокогерентной интерферометрии**



**Время-разрешенная флуоресцентная оценка поляризации макрофагов**



**Персонализированная фотодинамическая терапия с препаратами нового поколения**

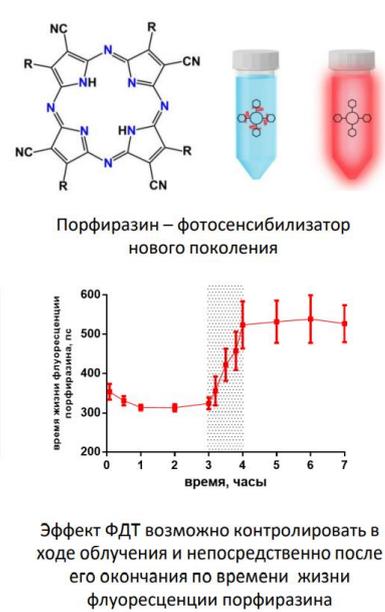


Рис. 3. Направления научной работы НЦМУ «Центр Фотоники»

Следующее направление работы — **Биосенсорная платформа на основе низкокогерентной интерферометрии**. На основе оригинальных интерферометрических способов и оптических схем разработан ряд новых биосенсорных методов, которые основаны на измерениях в режиме реального времени изменений толщин биослоев, формирующихся взаимодействующими

рецепторными и детектируемыми молекулами, на поверхности стеклянного сенсорного чипа. Сочетание этих параметров может использоваться для выработки новых диагностических критериев для целого ряда заболеваний, например, при аутоимунных патологиях.

Также в рамках проекта была разработана методика время-разрешенной флуоресцентной спектроскопии для оценки поляризации макрофагов по временам жизни флуоресценции фотосенсибилизатора хлорина еб. Для достижения данной задачи при помощи FLIM были получены эталонные кинетики флуоресценции макрофагов с различной поляризацией, которые затем были использованы для аппроксимации флуоресцентных кинетик срезов опухолевых тканей лабораторных мышей. Как видно, соотношения макрофагов (см. рис.3 — Таблица 1) с поляризацией M1 и M2 в опухолевой и нормальной ткани существенно различаются. В здоровой ткани количество макрофагов M1 существенно больше, чем макрофагов типа M2. В опухолевой ткани преобладают макрофаги типа M2, что хорошо коррелирует с литературными данными.

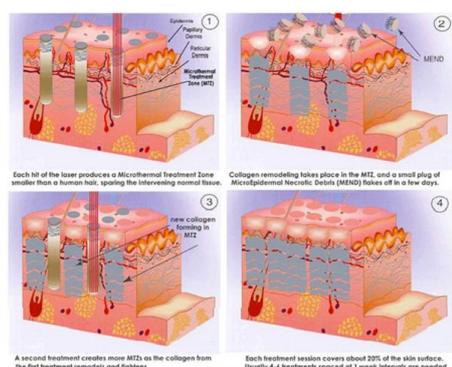
Еще одно направление — **Персонализированная фотодинамическая терапия с препаратами нового поколения**. Предлагаемый метод основан на использовании красителя-фотосенсибилизатора порфиразина, который объединяет свойства фотосенсибилизатора и флуоресцентного молекулярного ротора и, в связи с этим, характеризуется высокой чувствительностью параметров флуоресценции, к вязкости среды. Известно, что вязкость опухолевых клеток возрастает при их гибели. В связи с этим оценка времени жизни флуоресценции при ФДТ позволяет количественно оценить происходящие в облучаемой ткани и при необходимости корректировать дозу и режим облучения для достижения оптимального терапевтического эффекта.

В заключение я бы хотел рассказать о разработке, в которой я принимал участие, это **разработка эрбиевого волоконного лазера для задач косметологии**. Данная работа выполнялась в рамках взаимодействия НЦМУ с предприятиями реального сектора экономики, по заказу компании Melsytech.

Разработка проводилась в ИПФ РАН совместно с НЦВО РАН. Перед нами была поставлена задача разработать импульсный волоконный лазер со следующими характеристиками (см слайд) для задач фракционного лазерного омоложения. Суть этого метода состоит в формировании в коже множественных микротермальных лечебных зоны, окруженные неповрежденной кожей, что приводит к ремоделированию эпидермиса и дермы. Каждый импульс лазера формирует свою микротермальную зону диаметром около 100 мкм и глубиной несколько миллиметров. Степень воздействия определяется длительностью импульса и пиковой мощностью.

### Фракционное лазерное омоложение

В основе процедуры - принцип фракционного фототермолиза. Инфракрасный лазерный луч формирует в коже множественные микротермальные лечебные зоны, окруженные неповрежденной кожей, что приводит к ремоделированию эпидермиса и дермы



### Задача:

Требуется эрбиевый волоконный лазер со следующими характеристиками:

Длина волны: **1500 - 1600 нм**

Пиковая мощность: **30 Вт**

Длительность импульса: **200 мкс – 5 мс**

Форма импульсов: **прямоугольная**

Качество пучка ( $M^2$ ): **< 1.1**



Рис. 4. Эрбиевый волоконный лазер для косметологии: свойства и задачи

Сложность разработки такого лазера связана с длительностями импульсов, сопоставимыми с временем жизни ионов эрбия в возбужденном состоянии, что приводит к сложности получения импульсов прямоугольной формы, а также с требованиями на размеры и максимальную простоту и надежность схемы, диктуемыми коммерческим приложением. Тем не менее такой лазер был нами успешно разработан (см. рис.5). Активные волокна, используемые для построения лазерной системы, были разработаны и изготовлены в НЦВО РАН. Выходной каскад усиления был построен на световоде с большой площадью моды, не имеющим на настоящий момент

коммерческих аналогов. На слайде представлено фото разработанного лазера в виде модуля. В настоящий момент этот лазер установлен в аппарат фракционного лазерного омоложения, который полностью функционален и сейчас проходит сертификацию.

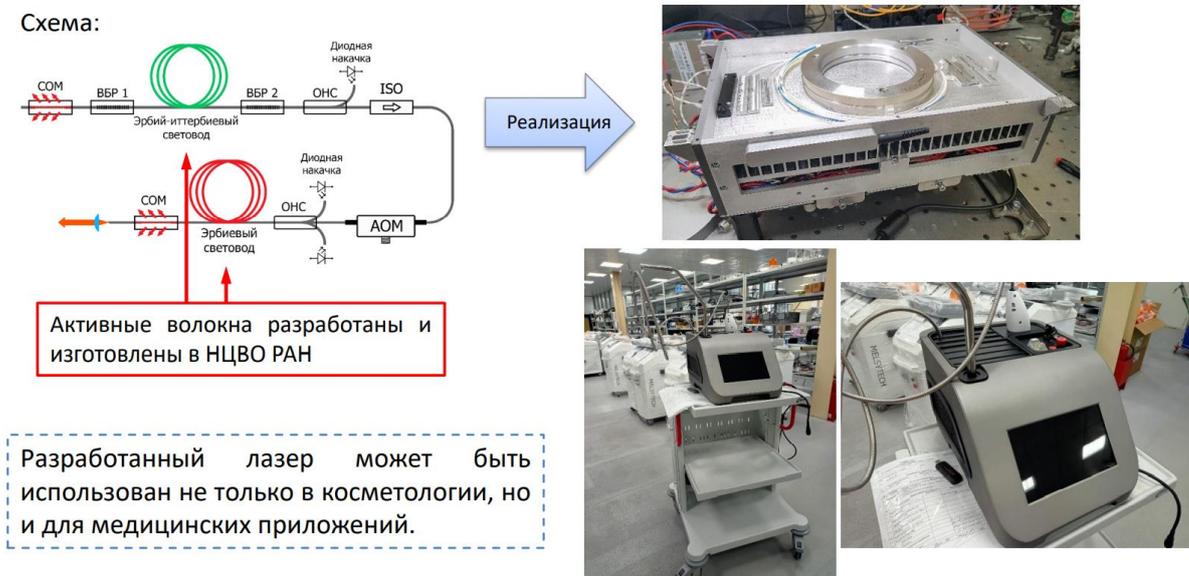


Рис. 5. Эрбиевый волоконный лазер для косметологии: устройство и внешний вид

Также стоит отметить, что поскольку разработанный лазер не имеет каких-либо ограничений на скважность и максимальную длительность импульса и может также работать в непрерывном режиме, возможно также использование этого лазера для медицинских приложений таких как хирургия или стоматология.

# «РЕДКИЕ И МАЛОИЗУЧЕННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ. ГЕННАЯ ТЕРАПИЯ – ПЕРСПЕКТИВЫ В МЕДИЦИНСКОЙ НАУКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ»

**Костарева А. А.,**

**Д. М. Н.,**

**директор института молекулярной биологии и генетики**

**ФГБНУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова»**

**НЦМУ «Центр персонализированной медицины»**

Прежде всего, пару слов о нашем центре. Это научный центр мирового уровня персонифицированной медицины. Он создан в СПб на базе 2х учреждений. Это учреждение НМИЦ им. В.А. Алмазова и старейший фундаментальный научно-исследовательский институт ИЭМ им. Павлова.

В нашем центре мирового уровня есть 4 ключевых научных направления:

1. Первое направление касается в основном генетических популяционных исследований, больших скринингов и в большой степени касается вопросов больших данных и генотипирование популяционного, которое в большой степени отсутствует у нас в стране на сегодня.

2. Второе очень крупное направление касается редких малоизученных неизвестных заболеваний. О нем я поговорю сегодня подробнее.

3. Третье направление, это, безусловно, онкология, где есть очень много сегодня возможностей для персонифицированного подхода молекулярно генетической таргетной терапии.

4. И последнее направление – это инфекционные заболевания, инфекционная безопасность, что в контексте сегодняшней пандемии, безусловно, является очень прорывным.

Суть персонифицированной медицины – это пациент с редким малоизученным тяжелым наследственным заболеванием, в частности с

заболеванием, которое носит название синдром Барта. Мы видим в своей практике редких пациентов с тяжелой патологией, которые не имеют на сегодняшний момент стандартных подходов, к которым можно подойти с позиции общих рекомендаций. Именно такие пациенты с редкими заболеваниями попадают в фокус нашего научного направления. И для таких пациентов есть очень рискованное прорывное направление – генная терапия, которое очень активно сегодня развивается в мире. Сложности развития этого направления в мире, не только в нашей стране, определяется тем, что не с каждым геном можно работать в этой области. Крупные гены не доступны либо сложны для генетической коррекции. Терапия таких заболеваний более перспективны при системной патологии, это болезни нарушения обмена, там, где все органы и ткани затронуты патологическим процессом. Там, где нет сложных технических барьеров, для преодоления, например, гематоэнцефалического барьера и достижения нервной системы, которая ограничена в организме человека.

Есть много вариантов создания генотерапевтических препаратов. Ряд из них основан на вирусной доставке, ряд на не вирусной доставке. И именно с этим связаны аспекты безопасности, никто не мог гарантированно обеспечить безопасность такой терапии. Особенно в связи с вирус интегрированным подходом. Эта терапия также требует очень современных лабораторных технологий. Либо это взаимодействие вируса и введенного гена внутри организма, либо манипуляция на генетическом уровне, в клетках, которые забираются из организма и вводятся обратно (рис.1). Здесь мы имеем дело с биомедицинскими клеточными продуктами, с тем законом, который у нас полноценно еще не реализован. И это также создает сложности внедрения в клиническую практику этих прорывных технологий. Ключевым фактором для возможности создания генотерапевтических препаратов, является наличие безопасных и доступных вирусных носителей, которые дают возможность обеспечить терапию таргетного органа.

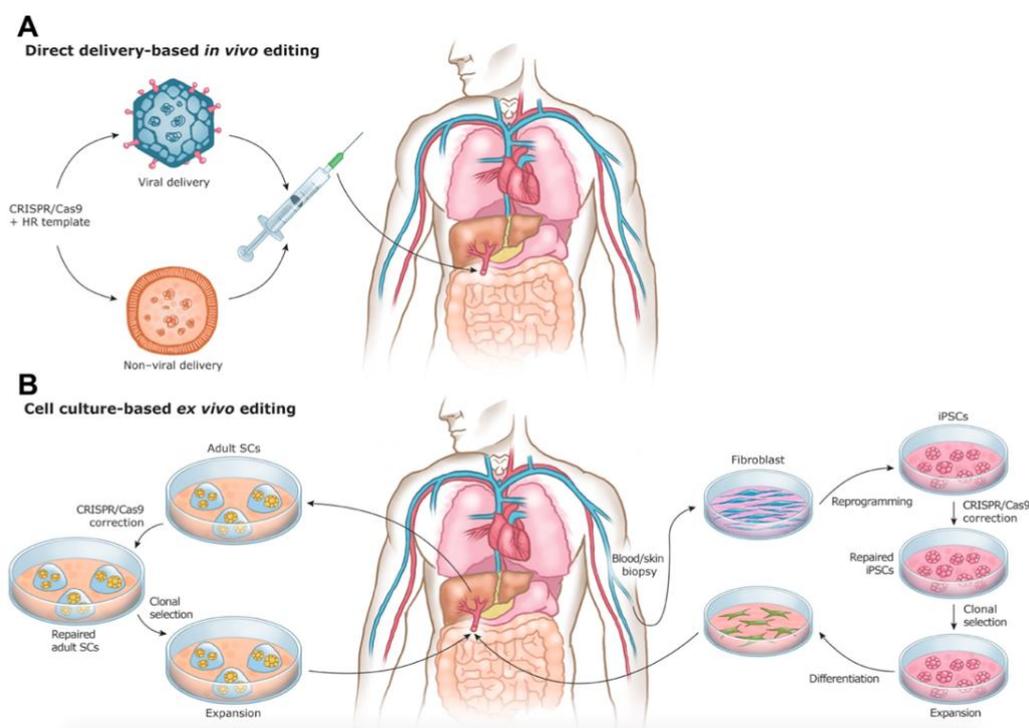


Рис. 1. Два возможных подхода: редактирование *in vivo* (вирусная доставка) и редактирование *in vitro*

Мы знаем, что есть широко распространенные развитые подходы для лечения нейромышечных заболеваний, в частности один из ключевых препаратов – это спинально мышечная терапия, он есть сегодня в клинической практике. Терапия гемофилии, и ряд других патологий, которые являются и системными и для них есть тропные вирусы. С развитием этого подхода связано то, что одним из ключевых направлений работы нашего центра, мы выбрали такое рискованное прорывное сложное направление, которое связано с созданием генотерапевтических препаратов.

В качестве еще одной иллюстрации я хочу показать один из наиболее эффективных препаратов в этой области – это препарат для лечения спинально мышечной атрофии, сегодня он существует в Европе и в нашей стране. И ряд других препаратов, которые созданы на основе РНК технологий – это не совсем стандартный подход, надо не забывать, что в организме человека большую часть всех РНК занимают не кодирующие РНК. Именно с ними связана возможность развития новых генотерапевтических подходов. Особенно в плане их таргетной доставки.

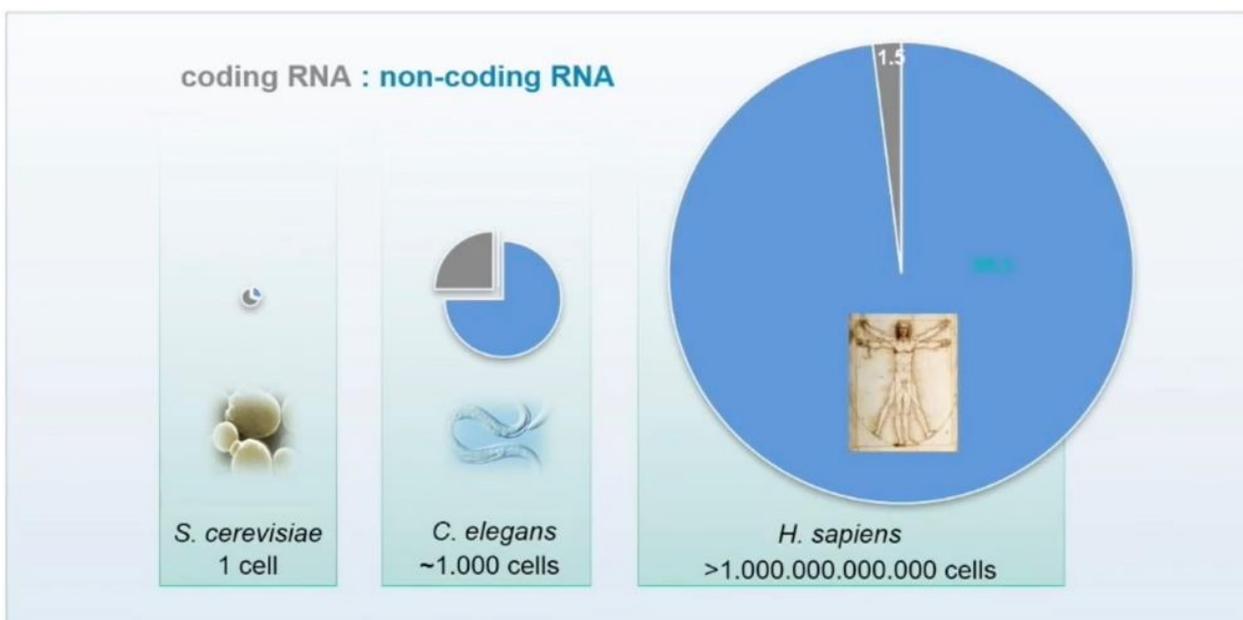


Рис. 2. Возможности РНК-терапии

И здесь все то новое, что за последние 10 лет появилось в медико-биологической науке, в рамках НЦМУ должно быть привнесено в клиническую практику. В частности, Нобелевская премия 2013 года уже полноценно реализуется в качестве применения для вирусных носителей, для доставки генотерапевтических препаратов в организм человека. Это так называемые биомиметики – они могут синтезироваться и в виде липосом и в виде микрочастиц. И сегодня это одно из самых прорывных направлений для доставки генотерапевтических подходов в организм человека. Мы создали ряд препаратов в области терапии сердечно-сосудистой патологии для лечения редких малоизученных заболеваний. Очень важным здесь явился предыдущий опыт сердечно-сосудистых патологий, который, к сожалению, оказался неудачным для первого препарата в области генной терапии. Это Miromersen, который приводил к развитию серьезной патологии, и был снят с производства.

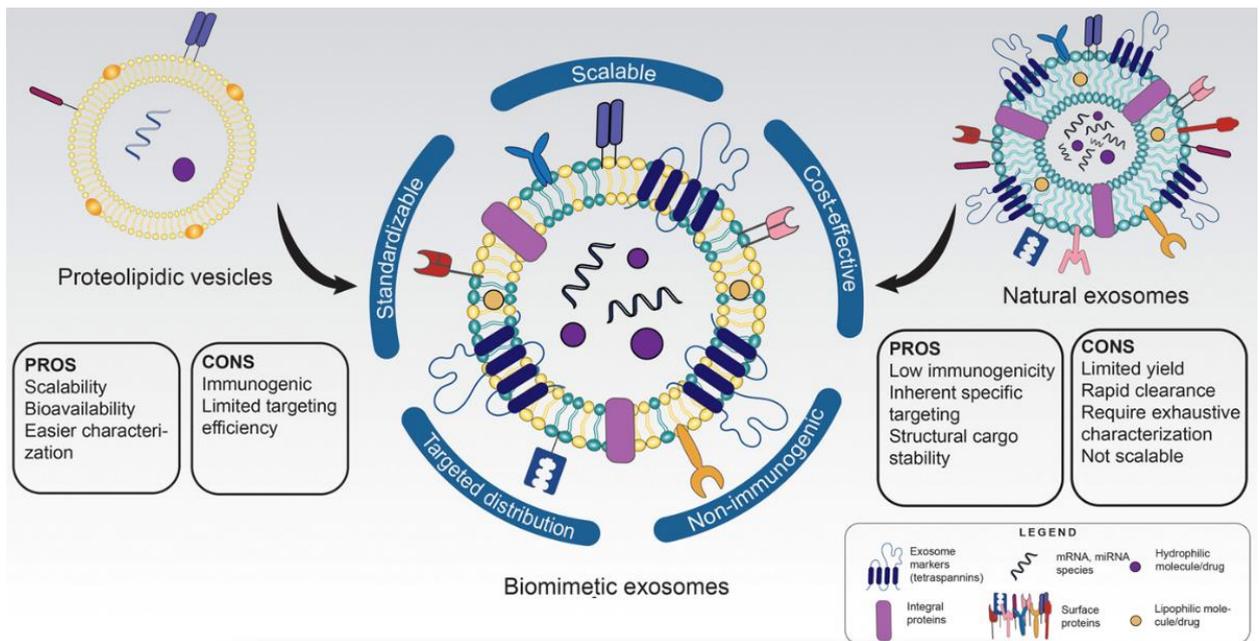


Рис. 3. Биомиметики, как носители доставляемых РНК

Мы сконцентрировались на редкой патологии – синдроме Барта, это митохондриальная патология. На основе аденоассоциированного вируса и таргетных конструкций, будем разрабатывать определенные генетические препараты, которые, как мы считаем, будут эффективны в плане не только терапии конкретного заболевания, но и целого комплекса митохондриальной патологии.

Развитие и создание этого препарата, является такой площадкой для отработки методологии, на которой могут быть основаны в последующем генотерапевтические препараты. Это только один из шагов для персонифицированной терапии, который приведет к созданию целого центра, не просто по развитию этих препаратов, но и по ведению этих пациентов и что самое главное по выбору тех ключевых клинических проблем, которые могут являться субстратом для создания новых препаратов и для передачи этой теологии в последующем бизнесу. Потому что сегодня известно буквально несколько препаратов генотерапевтических, которые создаются многими компаниями. И существует недостаток фундаментальных клинических идей, куда это направление может двигаться дальше. И идеи эти должны идти от пациента, от клиники, от таких фундаментальных научно-клинических

центров, каким будет являться наш центр. Поэтому создание центра компетенций редких наследственных и малоизученных заболеваний, где будет не просто терапия, а создаваться новые клинические подходы, новые генотерапевтические подходы и будет происходить поиск новых точек для передачи этой идеологии фармкомпаниям, является одним из ключевых направлений работы нашего центра.

## «КОГДА ЗАКОНЧИТСЯ ЭПОХА НЕФТИ?»

**Нургалиев Д. К.,**

**д. г.-м. н., профессор,**

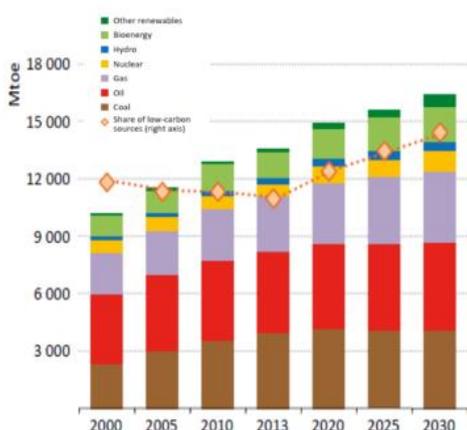
**проректор по научной деятельности КФУ**

**НЦМУ «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов  
планеты»**

В мире наблюдается рост потребления энергии, и данная тенденция продолжится в ближайшие десятилетия. И это несмотря на внедрение огромного числа инноваций, позволяющих понизить энергопотребление практически во всех областях. Причинами являются рост населения на 20-25 % к 2040 году и улучшение качества жизни, и это может привести к росту потребления энергии на 40-50 % и потребует привлечения новых источников ее получения. С другой стороны, глобальное потепление, обусловленное эмиссией парниковых газов за счет сжигания ископаемого топлива, приводит к увеличению числа природных катаклизмов. Климатическая повестка становится значимым фактором изменений в мировой экономике. Ежегодно человечество выбрасывает в атмосферу 36 млрд. тонн парниковых газов. Если эти выбросы будут расти с текущей скоростью, то к концу века температура на Земле может вырасти на 3-5°C. Даже при выполнении условий Парижского соглашения, который Россия подписала, рост может составить более 1.5-2 градусов. Потепление серьезно изменит облик планеты, и может привести к

еще большему нелинейному усилению парникового эффекта за счет высвобождения эффективного парникового газа метана в зонах вечной мерзлоты. Кроме того, загрязнение воды и воздуха за счет добычи и сжигания угля, риски катастроф при использовании ядерной энергетики, а также загрязнение подземных вод и почвы за счет неэкологичных способов добычи нефти и газа свидетельствуют о необходимости перехода к «зеленой» энергетике и «зеленой» экономике в целом. Таким образом, если 30-40 лет назад вызов «эпоха нефти закончится» означал, что это произойдет из-за того, что нефть на планете закончится. Сегодня вопрос стоит по-другому – «эпоха нефти закончится» тогда, когда нефть перестанут использовать для выработки энергии. Например, «эпоха угля» закончилась еще в прошлом веке, но сегодня 38% электроэнергии в мире производится из угля, и эта доля снижается чрезвычайно медленно. По данным различных агентств и компаний к 2050 году доля угля в выработке первичной энергии может упасть до 10-15%. И это очень радужные прогнозы. Несмотря на широко распространяющийся сегодня тезис — «эпоха нефти закончилась», по самым оптимистичным расчетам к середине века только 25-35% энергии может быть обеспечено за счет возобновляемых ресурсов. Остальная часть энергии, вероятнее всего, будет «углеродной».

## ПРОГНОЗЫ ДИВЕРСИФИКАЦИИ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ



Потребление энергии

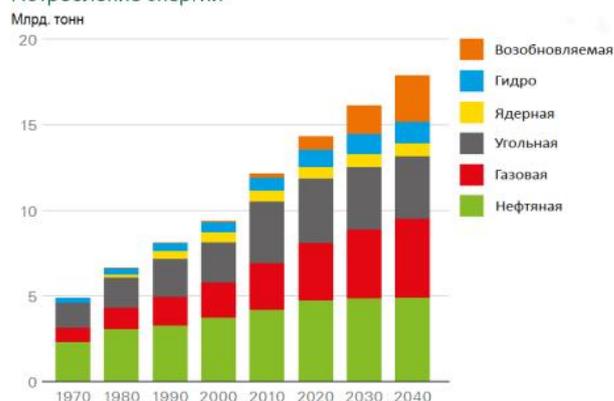
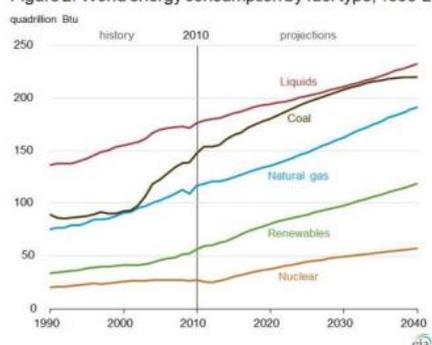
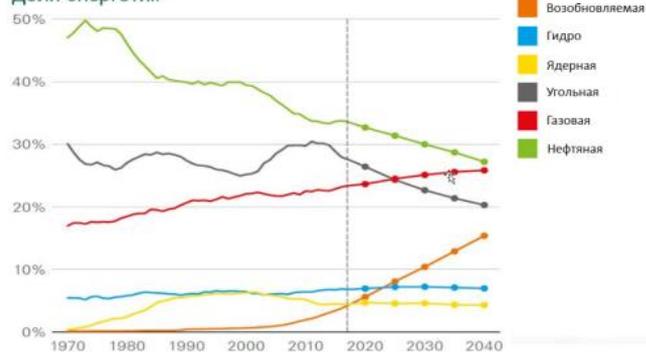


Figure 2. World energy consumption by fuel type, 1990-2040



Доли энергетик

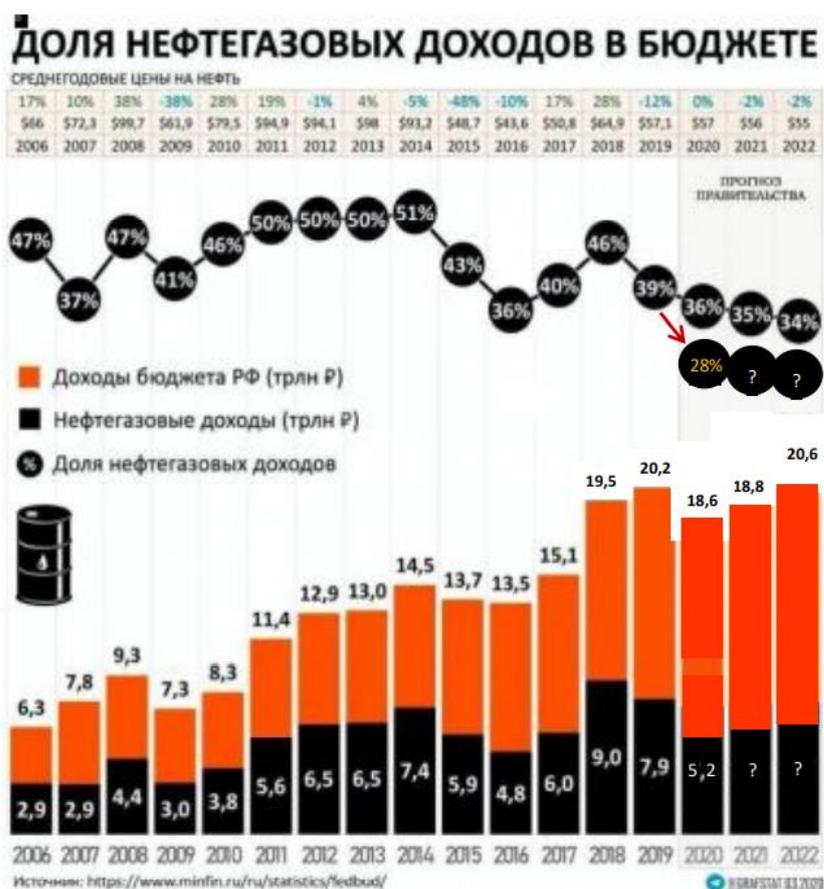


Есть и другие мнения на этот счет — все может произойти намного быстрее, и страны, не имеющие собственные углеродные энергетические ресурсы, очень торопят этот процесс. Например, Европейский Союз вводит трансграничный углеродный налог, который существенно снижает конкурентоспособность многих ввозимых в ЕС товаров: энергия, сталь, алюминий, газ, нефть и нефтепродукты, сельхозпродукция и др., производство которых привело к выбросу углекислого газа. С другой стороны, происходит уменьшение мирового спроса на энергоресурсы; усиливается конкуренция на этом рынке, появляются новые игроки. В странах, где нефтегазодобыча является бюджет образующей отраслью промышленности, возникает технологическое отставание в области «зеленых» технологий. И еще два практических аргумента: к 2030 году выпуск двигателей внутреннего сгорания в мире сократится от 4 до 8 раз! То есть потребители бензина и дизельного топлива начнут исчезать. Еще один аргумент! Инвестиционное сообщество — глобальные пенсионные фонды, банки и суверенные фонды считают, что нет

необходимости в дальнейших инвестициях в нефтегазовые разработки, если мир хочет прекратить глобальное потепление.

Тем не менее, мировое потребление нефти не может упасть в одночасье. Сегодня замены ископаемому топливу нет и проблемы глобальной бедности невозможно решить без дешевой энергии.

Для России это прямой вызов! Существующий экономический уклад страны, завязан на нефтегазовую сферу. Доля прямых нефтегазовых доходов не менее 35%, а реально, с учетом косвенных поступлений — существенно выше. Углеводороды являются одним из основных драйверов экономики РФ. Однако, в первом квартале 2021 года доля нефтегазовых доходов в общем объеме поступлений в федеральный бюджет составила 30%, что является рекордно низким показателем с 2011 г. Это обусловлено многими причинами, одна из которых — пандемия. С учетом тренда на «зеленую» энергетику – этот факт может демонстрировать тенденцию, которая является реальным вызовом, на который нужен достойный ответ!



В сегодняшних конкурентных условиях необходимо понизить себестоимость, повысить экологичность добычи нефти и прирост доступных запасов, а также разработать и использовать в отрасли более экологичные и эффективные технологии добычи и переработки нефти, в том числе — для трудноизвлекаемых, нетрадиционных углеводородов.

Способами достижения указанных целей являются наращивание ресурсной базы в регионах с развитой инфраструктурой. Увеличение КИН на разрабатываемых месторождениях — развитие новой парадигмы разработки «зрелого» месторождения-гиганта, развитие методов повышения нефтеотдачи для масштабного вовлечения в разработку всех «трудных» запасов месторождения и региона.

Для России уменьшение спроса на нефть и газ угрожает исчерпанием возможностей экономического роста, основанного на экстенсивной эксплуатации сырьевых ресурсов, возрастанием антропогенных нагрузок на окружающую среду, уменьшением объема выработки энергии. При этом остро стоит вопрос об эффективном освоении и использовании Мирового океана, Арктики и Антарктики.

В этой ситуации Цели НЦМУ являются чрезвычайно актуальными:

- Проведение фундаментальных, поисковых и прикладных исследований в области геологии, геохимии и разработки залежей нефти, с использованием современных физико-химических методов и сквозных технологий, создание экологичных, энергоэффективных и экономичных технологий прогнозирования, разведки, разработки, подготовки, транспортировки и переработки жидких углеводородов (УВ).
- Реализация на этой основе новой парадигмы разработки месторождений на «последней» стадии, увеличение КИН на гигантских и крупных месторождениях до 0.65-0.7, увеличение извлекаемых запасов в 1.5-2 раза, уменьшение себестоимости добычи на этих месторождениях до 1.5-1.8 раз.
- Создание резервов извлекаемых запасов жидких УВ в новых регионах.

- Распространение новых технологий путем подготовки и повышения квалификации специалистов.

Таким образом, целью НЦМУ являются исследования и разработки для обеспечения экономики дешевой и экологичной нефтью.

Для этого в рамках проекта предлагается создание экологичных, экономичных и энергоэффективных технологий поисков, разведки и разработки традиционных и «трудных» запасов. Наиболее важные из них:

- Уникальная технология прогнозирования запасов УВ крупных территорий;
- Экспрессные технологии поиска, разведки и оценки запасов на «старых» месторождениях;
- «Технология подземной нефтепереработки» с использованием наноразмерных каталитических систем;
- Комплекс технологий — новая парадигма разработки месторождений-гигантов на поздней стадии, позволяющая увеличить извлекаемые запасы в 1.5-2 раза и уменьшение себестоимости добычи до 1.5-1.8 раз.

Это позволит вовлечь в разработку на «старых» месторождениях страны запасов объемом не менее 30 млрд. тонн с минимальными инфраструктурными вложениями и себестоимостью.

В консорциум НЦМУ входят:

КФУ — один из ведущих центров в области освоения и разработки технологий нетрадиционных запасов углеводородов.

УГНТУ — один из лидеров в области разведки и разработки месторождений углеводородов.

РГУ — один из ведущих центров в области разработки технологий повышения нефтеотдачи пластов-коллекторов.

СколТех — один из ведущих центров в области исследования керна и пластовых флюидов.

Решение поставленных задач вполне по силам данному консорциуму с точки зрения опыта подобных разработок, уровня научных исследований и

имеющейся сегодня инфраструктуры. Сегодня в университетах членах консорциума активно работает более 40 крупных лабораторий по направлениям деятельности НЦМУ, оснащенных самым современным оборудованием и кадрами. Члены консорциума НЦМУ сегодня обеспечивают половину ежегодного выпуска по направлению «Нефтегазовое дело» в России (2600 выпускников), повышение квалификации более 3000 специалистов компаний. Ежегодный объем исследований для российских и международных компаний составляет более 2 млрд. рублей. Среди этих проектов — десятки выполняются в кооперации с международными научными центрами, а их на сегодня 49 по всему миру. Сегодня здесь уже работают около 50 приглашенных зарубежных ученых. По научным разработкам и публикациям в направлениях данного проекта предлагаемый консорциум уже сегодня является одним из лидеров в мире:

- В области исследования гигантских и крупных нефтегазовых месторождений на поздней стадии, изучения эволюции их резервуаров и создания новой парадигмы их рациональной разработки;
- В области исследований «нетрадиционных» запасов и разработки технологий добычи нефти с использованием тепловых методов и наноразмерных каталитических систем;
- В области теории и практики технологий мониторинга и управления процессами «подземной нефтепереработки» с использованием комплекса геофизических и геохимических методов.

Среди наиболее востребованных разработок, предлагаемых в Программе НЦМУ:

- Уникальная технология прогнозирования запасов УВ крупных территорий;
- Экспрессные технологии поиска, разведки и оценки запасов на «старых» месторождениях;
- «Технология подземной нефтепереработки» с использованием наноразмерных каталитических систем;

- Комплекс технологий (парадигма) разработки месторождений-гигантов на поздней стадии, увеличение извлекаемых запасов в 1.5-2 раза и уменьшение себестоимости добычи до 1.5-1.8 раз;

Внедрение этих разработок позволит вовлечь в разработку на «старых» месторождениях страны запасов объемом не менее 30 млрд тонн с минимальными инфраструктурными

Большинство гигантских месторождений нефти на сегодняшний день прошли пик добычи нефти и находятся на последней стадии разработки, что предполагает длительный период разработки и наличие систем поддержания пластового давления, преимущественно на основе закачки воды. Эти факторы приводят к дроблению запасов нефти и формированию застойных зон, повышению обводненности продукции до нерентабельных уровней, повышению доли трудноизвлекаемых запасов.

Среди месторождений-гигантов, перспективных для внедрения предлагаемых технологий выделяются месторождения с падением среднегодовой добычи, такие как: Гавар, Саудовская Аравия (ОИЗ нефти более 18 млрд. барр); Большой Бурган, Кувейт (более 9 млрд. барр); Прудобей, США (более 5 млрд.барр); Ромашкинское (более 2,5 млрд.барр); Самотлорское (более 1,5 млрд.барр) и многие другие.

Тем не менее, сегодня для России наступил важный момент необходимости принятия решения о переходе к низкоуглеродной экономике. Это не только вызов, но также и огромные возможности. По нашему мнению, сценарий российского «зеленого» энергетического перехода имеет свои особенности, обусловленные наличием огромного природного потенциала (территория, недра, биоресурсы) и развитой нефтегазовой инфраструктуры.

Во-первых, необходимо реализовать новую парадигму разработки крупных и гигантских месторождений, находящихся на поздней стадии разработки. 60-70% нефти в них остается под землей. И это на сегодня самая доступная и дешевая нефть.

Во-вторых, необходимо продолжать поиски и разведку гигантских газовых месторождений на шельфах для создания узлов добычи природного газа, производства СПГ или водорода и их транспортировки.

В-третьих, сегодня природный газ становится переходным топливом. Соответственно, нефтегазовым компаниям необходимо будет перейти с нефти на природный газ.

Таким образом, обобщая сказанное выше, необходимо сказать, что сегодня закат «эпохи нефти» не так близок. Ее будут добывать пока она есть на нашей планете. Во-первых, она является прекрасным сырьем для производства материалов, обладающих множеством полезных свойств. И это будет продолжаться достаточно долго, пока не будут найдены более чистые заменители. И для многих слаборазвитых регионов мира нефть будет оставаться важнейшим источником энергии. В России «зеленый» энергетический переход будет происходить с учетом существующей развитой нефтегазовой инфраструктуры (залежей, скважин, водо- и трубопроводов, всей поверхностной инфраструктуры, включая нефтеперерабатывающие и нефтехимические заводы, автозаправочные станции), огромной территории и биоресурсов. Некоторые предложения, которые позволят более эффективно реализовать российский энергетический переход:

1. Нельзя терять ведущие позиции в мировой энергетике, необходимо развивать добычу ископаемых энергоносителей (газ, нефть, а также и уголь) повышая экономическую и экологическую эффективность.

2. Запасы нефти и других УВ на территории РФ значительны и их необходимо эффективно использовать. При сегодняшних темпах добычи нефти, запасов в России хватит более чем на 100 лет. Это с учетом трудноизвлекаемых и непоискованных запасов. Этого можно достигнуть путем расширения поисков и разведки гигантских и очень крупных месторождений на шельфе и других малоизученных территориях.

3. Необходимо реализовать новую парадигму разработки крупных и гигантских месторождений, находящихся на поздней стадии разработки.

4. Необходимо увеличить потребление нефти внутри страны — производство топлива, снижение его цены, нефтехимия, газохимия, увеличение глубины переработки УВ.

5. Необходимо расширять ассортимент экспортируемых энергоносителей — СПГ, водород, электроэнергия, в том числе за счет ядерных станций.

Необходимо создание энергетических компаний на базе нефтяных и электроэнергетических компаний, что позволит успешно развивать водородную энергетику и технологии возобновляемых источников.

## «НАУЧНЫЙ ЦЕНТР МИРОВОГО УРОВНЯ «ЦИФРОВОЙ БИОДИЗАЙН И ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЕ»

**Тимашев П. С.,**

**директор Института регенеративной медицины**

**Научно-технологического парка биомедицины**

**ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России**

**(Сеченовский Университет)**

**НЦМУ «Цифровой биодизайн и персонализированное здравоохранение»**

В 2020 году был создан научно – образовательный консорциум, в который вошли три института (Институт системного программирования РАН, Институт биомедицинской химии им. Ореховича РАН, Институт конструкторско–технологической информатики РАН), так же в состав вошел Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, а координатором выступил Сеченовский Университет.

Задачи центра мирового уровня, прежде всего это создание **модели цифрового биобанка**, в ходе работы будет разработан прототип цифрового

двойника здорового человека, для прогноза развития онкологических и кардиологических заболеваний. Нами будут разработаны биоинформационные платформы мониторинга состояния пациентов, так же по онкологическим и кардиологическим заболеваниям. Мы ставим очень амбициозную цель – это разработка единой цифровой платформы для моделирования доклинических испытаний новых лекарственных средств для онкологии и кардиологии, без использования животных моделей.

Основные результаты научных исследований, полученные в 2020-21 годах:

- Разработана технология неинвазивной диагностики стенозов коронарных артерий и валидирован метод виртуальной оценки фракционного резерва кровотока у пациентов с ишемической болезнью сердца;
- Разработаны программы для автоматизированной разметки тканевых структур в скан-изображениях гистологических препаратов рака почки и толстой кишки, на основе двух типов сверточных нейросетей;
- Разработаны принципы химического дизайна и моделирования новых классов смарт-полимеров для работы с клеточными 3х мерными структурами, в рамках создания цифровой платформы доклинических исследований *in vitro*;
- Разработана технология алгоритмической аннотации опухолевых геномных и транскриптомных данных, оценивающая эффективность терапии и выстраивающая индивидуальный фармакогеномный профиль пациента;
- Разработаны методики измерения метаболомного состава в образцах биологического материала и создана биостатистическая платформа «Молекулярная медицинская карта пациента» для определения индивидуальных рисков рака легкого, рака почки и колоректального рака;
- Разработаны алгоритмы диагностики гипертонической болезни с использованием интеллекта и прогнозирования риска сердечно-сосудистых осложнений.

Расчет фракционного резерва коронарного кровотока необходим для неинвазивного определения значимости поражения сосудов сердца и принятия дальнейшего решения об оперативном лечении. Изначально технология рассчитана на применении базовых компьютерных томографов для получения ангиографии и благодаря этому, наша технология может быть распространена вне зависимости от типа прибора, который был использован. Программа уже используется в клинике персонализированной медицины Сеченовского Университета и более 50 человек прошли через эту процедуру. Надо сказать, что в разрезе взаимодействия трансфера технологии – идут активные переговоры с Ростелекомом, о внедрении данную программу в свою экосистему.

Второе направление, связанное с медициной – создание цифровой платформы доклинических исследований. Идея заключается в том, чтобы сделать возможным цифровые исследования с использованием цифровых моделей разной иерархии, клетка, органоид, ткань, и с большей точностью определять как функциональное действие лекарств, так и возможные токсические эффекты. Существующие в настоящий момент решения, учитывают исключительно рецептурное взаимодействие, однако для построение более точной модели необходимо включать в рассмотрение микроокружение клеток, учитывать их механические свойства, а также переходить к рассмотрению клеточных агрегатов. Вот такую идею и концепцию мы реализуем, результаты будут включены в общую цифровую платформу доклинических исследований, которые так же будут входить в моделирования процессов воздействия лекарственных средств на цифровых моделях уже живых систем (животных).

Несколько слов, о модели цифрового биобанка. Направление разработки идет по нескольким отдельно выраженным трекам. На сегодняшний день значительные успехи получены по направлению анализа стандартных гистологических срезов с использованием технологий искусственного интеллекта, именно тех гистологических препаратов, которые используются

патологоанатомами для постановки диагноза. Совместно с ПАО Вымпелком, мы создаем алгоритм искусственного интеллекта для автоматической разметки больших изображений. Для чего это нужно? Идея заложена в одном из направлений развития цифрового биобанка – это построение прогностических моделей на основе текущего состояния развития паталогического процесса. В заключении я бы хотел поделиться опытом успешного функционирования междисциплинарного Консорциума. Когда мы начинали реализацию Проекта, было много недопонимания и вопросов, поэтому мы выработали подходы, которые, как показала практика, обеспечивают успешное взаимодействие ученых внутри рабочих групп. Прежде всего мы разработали единый глоссарий для того, чтобы говорить на одном языке, понятным и специалистам IT, и врачам, биологам и математикам. Мы проводим совместные конференции, семинары для совместного обсуждения и генерации новых знаний. Со специалистами по программированию и искусственному интеллекту мы вырабатываем единое решение, под задачи, поставленные врачами. Врач является заказчиком работ. При этом используются не готовые решения, а идет постоянное развитие новых подходов. Мы столкнулись с необходимостью, как-то оформлять совместную интеллектуальную собственность, есть некоторые проблемы – но мы стараемся это решить вместе. Хочу анонсировать, что в конце 2021г. будет проведена единая интеграционная конференция, которая соберет представителей 4 медицинских консорциумов НЦМУ. В этом году она пройдет на базе Сеченовского Университета, а в дальнейшем место проведения будет переходить в другие консорциумы. Цель данной конференции – интеграция исследований НЦМУ, обсуждение полученных результатов и вовлечение молодых ученых, студентов, аспирантов для реализации поставленных задач. Мы создадим единую площадку для взаимодействия медицинских консорциумов по проекту НЦМУ Министерства Науки Российской Федерации.

## «К ИНДУСТРИИ 5.0 ЧЕРЕЗ РАЗВИТИЕ ГИБРИДНОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»

**Фирсов М. Л.,  
директор ИЭФБ РАН,  
НЦМУ «Павловский центр «Интегративная физиология –  
медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям  
стрессоустойчивости»**

Интегративная физиология, нацеленная на выяснение, каким образом каждый компонент организма работает как часть, интегрированная в функционирование организма как единого целого, в здоровье и болезни — важнейшая для медицины область физиологии, ее вершина. Павловский центр «Интегративная физиология — медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости» был создан в рамках программы Правительства РФ как научный центр мирового уровня с целью развития интегративной физиологии для прогресса медицины, для высокотехнологичного здравоохранения и разработки технологий стрессоустойчивости.

Уникальность центра заключается в том, что это — единственный НЦМУ, направленный на развитие физиологии для получения новых знаний о функционировании организма в здоровье и болезни. Физиологические знания необходимы для повышения качества и продолжительности жизни, эффективности труда, для разработки научно-обоснованных персонализированных высокотехнологичных профилактических, диагностических и лечебных методов снижения уровня заболеваемости.

Уникальность центра состоит и в его направленности на развитие интегративной физиологии. Целостный физиологический портрет пациента критически необходим для лечения больного, а не болезни. В настоящее время нет явного мирового лидера в направлении исследований по интегративной физиологии, что связано с фокусированием большинства исследований во

всем мире на глубинных механизмах отдельных физиологических процессов. Успешная реализация проекта с вовлечением сильной международной команды – основа для появления такого мирового лидера в России.

В состав Центра вошли три академических института — Институт физиологии им. И.П. Павлова, Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова, Государственный научный центр Российской Федерации — Институт медико-биологических проблем, а также высшее учебное заведение — Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им.В.И.Ульянова (Ленина). Для реализации задач, стоящих перед Центром, были созданы 10 новых лабораторий и центров компетенций:

1. Лаборатория фундаментальных и прикладных исследований стресса
2. Лаборатория нейротехнологий
3. Лаборатория инновационных технологий нейрореабилитации
4. Центр компетенций «Биологические и социальные основы инклюзии»
5. Лаборатории физиологии и генетики памяти
6. Лаборатории фундаментальных и прикладных исследований боли
7. Российско-французская лаборатория регуляции пищевого поведения
8. Лаборатории комплексного моделирования когнитивных процессов человека для построения сильного искусственного интеллекта
9. Лаборатория молекулярной фармакологии и биомедицины
10. Центр изучения и профилактики эффектов долговременной изоляции.

К настоящему времени (июнь 2021 г.) Центр существует уже около 7 месяцев. За это время лабораториями Центра производились исследования, направленные на разработку:

- неинвазивных технологий электрической стимуляции спинного мозга, направленных на нейромодуляцию двигательных и висцеральных функций человека, в том числе и на модуляцию дыхательной функции у пациентов с COVID-19;

- инновационных методов профилактики и лечения социально значимых стресс-индуцированных заболеваний, технологий стрессоустойчивости (методы для повышения адаптивных физиологических эффектов стресса и уменьшения его дезадаптационных патологических влияний);
- рекомендаций к составу аппаратно-программного комплекса, позволяющего эффективно оказывать психологическую поддержку (поддержание оптимального психофизиологического состояния, профессиональной работоспособности и взаимодействия) небольшим группам людей, испытывающим комплекс воздействий, связанных с длительным влиянием ограниченного объема, искусственной среды обитания, сенсорной депривации, монотонии и социальной изоляции.
- новых анальгетических препаратов пептидной и непептидной природы и метода лазеротерапии для лечения болевых синдромов различной этиологии;
- фармакологических и пробиотических препаратов для профилактики и лечения гиперфагии и ожирени;
- новых путей коррекции метаболического синдрома и диабета 2 типа
- технологии оптогенетического восстановления зрительной функции сетчатки после тяжелых нейродегенеративных поражений;
- новых лигандов ионотропных глутаматных рецепторов NMDA и AMPA типов, которые могут служить основой для создания новых лекарственных препаратов для терапии болезни Альцгеймера и других вопросов.

Один из основных принципов реализации задач Центра — активное привлечение молодых исследователей, а также постоянное обучение молодых специалистов всех уровней, — студентов, аспирантов и молодых научных сотрудников, — новым методическим подходам. Специалистами Центра ведется постоянная работа по созданию образовательных программ — таких как «Применение методов искусственного интеллекта в нейрофизиологии», программа по безопасности и этике применения решений с искусственным

интеллектом в области медицины и физиологии, «Высокотехнологичные медицинские системы и комплексы», «Методы обработки физиологических данных», «Космические медико-биологические исследования» и другие. Разработаны и выполняются четыре научно-исследовательских программы, предусматривающие обучение молодых специалистов молекулярно-биологическим методам исследования:

- Программа «Нейробиологические основы раннего развития ребенка и патологических изменений незрелого мозга».
- Программа «Исследование метаболических и эндокринных нарушений у крыс с метаболическим синдромом различной этиологии и оценка влияния на них терапии интраназальным инсулином и ганглиозидами».
- Программа «Разработка репортерной системы для оценки активности химерных родопсинов, применяемых в оптогенетическом протезировании сетчатки».
- Программа «Исследование действия производных бензимидазола и ряда амидиновых и гуанидиновых соединений на ионотропные глутаматные рецепторы».

За время существования Центра получены следующие важнейшие для медицины результаты:

Разработаны и апробированы в клинике протоколы реабилитации респираторной и двигательной систем при использовании технологии спинальной нейромодуляции, направленной на реабилитацию сердечно-легочной дисфункции у пациентов, перенесших коронавирусную инфекцию COVID-19. Доказано, что неинвазивная электрическая стимуляция спинного мозга способна воздействовать на нейронные респираторные сети и регулировать дыхательную функцию. В экспериментальных исследованиях на животных выявлено, что спинальная стимуляция может вызывать активацию ключевой гормональной оси стресса: гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной системы, что проявляется в увеличении уровня глюкокортикоидных гормонов в крови. Полученные результаты — фундамент

для дальнейшего исследования вопроса о вовлечении глюкокортикоидных гормонов в механизмы, обеспечивающие позитивные эффекты стимуляции спинного мозга.

Продemonстрировано гастропротективное (противоязвенное) влияние стимуляции спинного мозга у экспериментальных животных в условиях язвообразования, индуцированного ишемией-реперфузией желудка. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о возможности протективного эффекта стимуляции на слизистую оболочку желудка и необходимости дальнейших исследований по оценке влияния спинальной стимуляции на желудочно-кишечный тракт.

Исследована фармакологическая активность двух возможных лекарственных субстанций, претендующих на роль неопиоидных анальгетиков - коеновой кислоты и убаина. Раскрыты молекулярные механизмы их лиганд-рецепторного связывания и последующего запуска внутриклеточных каскадов в ноцицептивном нейроне. Результаты свидетельствуют о том, что обе предложенные субстанции могут составить основу безопасных и эффективных анальгетиков нового поколения, позволяющих в ряде случаев заменить опиаты.

Выявлена антидиабетическая роль бактериальных белков потенциально пробиотического штамма бактерий *Hafnia alvei*, которые могут присутствовать в кишечной микробиоте здоровых людей, а также используются в пищевых технологиях для производства некоторых видов сыров. Этот штамм, применяемый в виде капсул с высушенными бактериями, показал эффективность для снижения массы тела, жировой массы и чувства голода в клинических исследованиях у людей с повышенной массой тела. Результаты позволят в ближайшее время создать новые препараты для профилактики и лечения диабета на основе пробиотического штамма *Hafnia alvei* и/или белка ClpB. Для разработки таких препаратов в 2021 г. Центром был подписан трехсторонний договор между ИФ РАН, компанией Таргедис и

Руанским университетом (Франция). Согласно договору, софинансирование работ со стороны компании Таргедис составляет 5 млн. рублей ежегодно.

Обнаружены гены и белки, изменение экспрессии которых в мозге обуславливает склонность к развитию аддиктивных расстройств (зависимость от никотина и алкоголя) у особей, переживших материнский стресс в период внутриутробного развития. Результат имеет важное значение для разработки методов ранней коррекции биохимических основ формирования зависимостей.

Используются компьютерные программы «Слух и Умение Понимать Естественную Речь (СУПЕР)» и «Speech-Assistant» для коррекционной работы со школьниками, имеющими нарушения слухоречевой функции. Разработана и внедрена рабочая программа сенсорно-когнитивного тренинга с включением процедур психофизического и психологического тестирования и возможностью реализации в дистанционном формате (внедрена в СПбГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный институт психологии и социальной работы»). Подготовлена упрощенная схема для проведения домашних и дистанционных занятий на основе методических пособий из профильного набора «рабочих тетрадей» по реабилитации пациентов с кохлеарными имплантами, не требующая дополнительной установки программного обеспечения - формат презентаций и обучающих уроков из программы «Учись слушать» (внедрена в ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи» Минздрава РФ).

Разработана модификация интерфейса Мозг-Глаз-Компьютер «Стерх» для бесконтактной коммуникации, предназначенная для обеспечения альтернативной коммуникацией обездвиженных пациентов, людей с нарушениями опорно-двигательного аппарата, исключение физического контакта с поверхностью в условиях пандемии COVID-19.

Продемонстрировано, что совместное введение интраназально вводимого инсулина, применяющегося для лечения ряда нервных и эндокринных заболеваний, с метформином и альфа-токоферолом позволяет

снизить эффективные дозы инсулина, сроки и результативность терапии, расширяет спектр фармакологического действия инсулина. Комбинация с метформином улучшает метаболические показатели и функции репродуктивной и тиреоидной системы у крыс с сахарным диабетом 2-го типа и метаболическим синдромом, в то время как комбинация интраназально вводимого инсулина и альфа-токоферола (активного метаболита витамина E) предотвращает деструктивные нейродегенеративные процессы при ишемии/реперфузии головного мозга.

Впервые получены генно-модифицированные мыши, у которых детектировалась b-волна электроретинограммы (ЭРГ), соответствующая биполярным нейронам, уже на 18-й день жизни, которые полностью соответствовали фенотипу rd1 и могут стать хорошей моделью для изучения молекулярных причин ретинопатий различного генеза. Получен исходный вариант для библиотеки генов светочувствительных белков, упрощающий количественную оценку эффективности передачи сигнала и обеспечивает более высокую функциональную надежность системы. Собраны контрольные аденоассоциированные вирусные вектора для экспрессии вариантов светочувствительных белков из нашей библиотеки. Разработка таких векторов важна для развития технологии оптогенетического протезирования сетчатки и в перспективе позволяет таргетно восстанавливать функциональную активность светочувствительных сигнальных каскадов в сетчатке

С помощью электрофизиологических и фармакологических подходов впервые продемонстрировано, что нафамостат и габексат, ингибиторы сериновых протеаз, использующиеся при лечении панкреатита, обладают также активностью антагонистов нативных NMDA рецепторов. Исследование тонких молекулярных механизмов действия этих соединений показало, что нафамостат блокирует пору канала NMDA рецепторов, в то время как габексат является их аллостерическим антагонистом. NMDA рецепторы вовлечены в патогенез болезни Альцгеймера, болезни Паркинсона, эпилепсии, глаукомы, нейропатической боли. Полученные данные позволят помочь

перепрофилировать нафамостат и родственные ему соединения в группу препаратов для лечения социально значимых нейродегенеративных заболеваний, объяснить и возможно предотвратить побочные эффекты при их применении в клинике. Необходимо подчеркнуть, что перепрофилирование уже используемых в клинической практике препаратов для терапии других заболеваний позволяет избежать ряда дорогих доклинических испытаний, поскольку безопасность исходных соединений в клинике уже подтверждена.

В Центре идут разработки фундаментальных основ новых диагностических аппаратно-программных комплексов:

1. Метод диагностики стресса по вариациям мимики. На основании анализа видимых и скрытых изменений мимики при инфракрасном картировании напряжения мышц лица (миографии) выявлены маркеры стрессорных состояний у испытуемых. Предложены новые принципы распознавания мимических реакций для классификации эмоциональных реакций, применимые для глубокого обучения сверточных искусственных нейронных сетей. Результаты являются базисом для разработки диагностического аппаратно-программного комплекса на основе искусственного интеллекта.

2. Создана крупнейшая база данных на Большом сервере Лаборатории нейротехнологий НЦМУ ИФ РАН, включающая анонимизированные данные МРТ головного мозга человека всех возрастных групп в формате DICOM. Данные получены с использованием анатомических T1-, T2-импульсных последовательностей, в том числе с использованием изотропного вокселя с толщиной среза 1 мм, и последующей морфометрической обработкой, сегментацией на белое и серое вещество для дальнейшего обучения (с учителем) сверточных нейронных сетей (ИББД) обеспечивающих автоматическое распознавание ранних нейродегенеративных изменений. Разработан метод диагностики ранних нейродегенеративных изменений мозга человека, способный автоматически сегментировать данные МРТ головного мозга, на основании собранной базы данных МРТ головного мозга.

3. Успешно проводится прототипирование системы интегративного подхода к медицине на основе методов искусственного интеллекта. Построена онтологическая модель системы прогнозирования внезапной смерти. Обоснована архитектура интеллектуальной системы по прогнозированию внезапной смерти.

4. Выявлены параметры, влияющие на структуру и размер нейронной сети, создаваемой для оценки реакции организма на стресс. К этим параметрам относятся: величина напряжения, его продолжительность, количество реагентов, участвующих в напряжении, разреженность биохимической сети, плавность, размерность (количество возмущенных параметров), параметры реакции при нормальных условиях (без стресса).

5. Разработан метод автоматической диагностики патологий роговицы глаза с использованием оригинального нейросетевого механизма. Метод апробирован и внедрен в практику в СЗГМУ им. И.И. Мечникова и МНТК Микрохирургии глаза им. акад. С. Н. Федорова. Подготовлено программное обеспечение для централизованного сбора данных результатов офтальмологических исследований на базе СЗГМУ им. И.И. Мечникова и МНТК Микрохирургии глаза им. акад. С. Н. Федорова.

6. Составлен систематический обзор современных методов определения стресса на основе физических и физиологических сигналов и применением методов машинного обучения. Подготовлена нейросетевая модель для определения уровня дистресса на основе коэволюционной нейронной сети и спектрального анализа речевых сигналов, осуществляющая прогнозирование развития депрессии со значением F-критерия 0,81. Найдено техническое решение для создания неинвазивных методов оценки уровня стресса на основе анализа произвольных движений подвижных звеньев конечностей человека - векторный вариант реализации измерений. Разработана система тестов для замера характеристик автономной медицинской мобильной системой. Развернут тестовый стенд перспективного стандарта Time Sensitive Network, задающий референсную топологию.

7. Разработан метод машинного обучения, позволяющий с высокой точностью определять показатели HR (сердечного ритма), а также показатели газообмена человека  $VO_2$ ,  $VCO_2$ ,  $O_2/HR$ . Данный метод может быть использован в разработке рекомендательной системы определения уровня порога анаэробного обмена, являющегося важным диагностическим критерием для определения уровня подготовленности и стрессоустойчивости спортсмена, как отправной точки планирования и корректировки тренировочного процесса. Разработан метод и программный комплекс анализа томографических изображений, позволяющий автоматизировано выявлять различные формы врожденного гиперинсулинизма и принимать решение о необходимости хирургического вмешательства.

8. Впервые проведены исследования объективных показателей эффективности новых средств и технологий психологической поддержки (на базе виртуальной реальности) в условиях гипокинезии и частичной изоляции. На основе анализа данных гермокамерного эксперимента с 4-месячной изоляцией SIRIUS-19, полученных с помощью комплекса объективных дистанционных методов, подтверждены основные тенденции общения изолированного экипажа с внешним Центром управления на фоне длительной задержки связи, ранее полученные в эксперименте с 520-суточной изоляцией Марс-500. На протяжении изоляции экипаж снижал объём общения с Центром управления, все менее информируя специалистов о своих проблемах и потребностях. Данная тенденция подтверждена на выборке из 12 человек – и имеет большое значение для формирования общения с изолированными малыми группами (в том числе, автономными космическими экипажами, командами подводных лодок, полярными зимовщиками, горвосходителями и пр.)

9. Исследование влияния снижения двигательной активности различной продолжительности на состояние скелетно-мышечного аппарата и сенсомоторной системы и анализ существующих подходов к профилактике гипогравитационных нарушений позволили заключить, что

электромиостимуляция является перспективным и актуальным методом профилактики выявленных нарушений, широко используется для профилактики негативных последствий ограничения двигательной активности, возникающих как в условиях реальной и моделированной микрогравитации, так и в клинической медицине. На основе анализа существующих данных обоснована разработка электромиостимулятора с комбинированными частотными режимами в рамках настоящего проекта.

10. Проведен двухнедельный изоляционный эксперимент «Эскиз», в котором исследовали острый период адаптации гендерно-смешанного экипажа к условиям изоляции в гермообъекте малого объёма с искусственной средой обитания. Исследование показало, что краткосрочная изоляция приводит к снижению потенциала иммунорезистентности, что проявляется в снижении показателей, характеризующих состояние клеточного звена адаптивного иммунитета. Снижение иммунологической резистентности может приводить к различного рода заболеваниям инфекционного генеза, следовательно, при подготовке членов экипажей комических миссий или иных людей, которым предстоит выполнение работы, связанной с психологическим стрессом, профилактику нарушений иммунореактивности необходимо начинать ещё до начала воздействия. Разработаны соответствующие рекомендации для программ подготовки космонавтов.

11. Впервые в мире проведено исследование влияние 3-х суточной «сухой» иммерсии с участием испытуемых женского пола на маркеры анаболизма, катаболизма и миозинового фенотипа в скелетной мышце. Показано, что 3-суточная иммерсия приводит к повышению активности маркеров эффективности трансляции, а также снижению активности эндогенных ингибиторов синтеза белка; 3-суточная иммерсия также приводит к активации убиквитин-лигаз, задействуя ИЛ-6; изменение миозинового фенотипа начинается уже на 3-сутках иммерсии.

Деятельность Центра сопровождается обширными международными контактами и обменями. Так, проект создания Центра был активно поддержан

международным научным сообществом — Международным союзом физиологических наук — International Union of Physiological Sciences (IUPS), который продолжает сотрудничать с Центром и одобрять его деятельность. Президент IUPS проф. Джулия Чен (Тайвань) планирует выступить на Саммите медицинских НЦМУ 30 ноября 2021 г. (Москва) в качестве приглашенного международного эксперта. Ведущие специалисты по физиологии и проблемам стресса S. Szabo, I. Tache, F. Essop, S. Chen, V. Antunes, D. Gosh, J. Sengupta, G. Baffy, D. Jezova, R. Edgerton, A. Turner и другие оказывают консультационную помощь исследователям Центра на безвозмездной основе. Рассматривается возможность их трудоустройства в Центр. В НЦМУ ИФ РАН принимают непосредственное участие 7 иностранных ведущих ученых, в их числе проф. D. Mollon (Cambridge University, UK, индекс Хирша – 47). Совместно с Руанским университетом (Франция) организована лаборатория НЦМУ ИФ РАН «Микробиота, мозг и регуляция пищевого поведения», возглавляемая проф. С. Фетисовым (Руанский университет). Исследования этой лаборатории по программе НЦМУ софинансирует французская компания TargEDys, с которой подписан соответствующий договор.

Для реализации исследований по программе Центра подписан договор о научном сотрудничестве между Институтом физиологии им. И.П.Павлова РАН и Тайваньским технологическим университетом. Работы по договору направлены на выявление маркеров ранних проявлений нейродегенерации, предсказание течения при нейродегенерациях, создание совместной Интеллектуальной базы данных ЭЭГ, МРТ и фМРТ в норме для разных популяций и при нейродегенерациях. В рамках Центра совместно с IEEE Brain Initiative BDBC ежегодно проводятся международные молодежные соревнования Хакатон, который привлекает творческую молодежь и современные предприятия, ищущие таланты. В ноябре 2020 года соревнования пройдут параллельно в Санкт-Петербурге и в Тайбей. ИЭФБ РАН осуществляется сотрудничество с профессором Викасом Кумаром Роем

(Vikas Kumar Roy), руководителем Департамента Зоологии Университета Мизорама (Department of Zoology Mizoram University) (Аиджал, Мизорам, Индия; Aizawl, Mizoram, India), группа которого является одним из мировых лидеров в области изучения адипокиновой сигнализации. В сотрудничестве с Викасом Кумаром Роем осуществляется комплекс исследований по изучению влияния измененного в условиях метаболических расстройств адипокинового статуса на репродуктивные функции у экспериментальных животных.

**ЧАСТЬ II**  
**КРУГЛЫЙ СТОЛ**  
**«Научные центры мирового уровня: от Индустрии 4.0 к**  
**Обществу 5.0»**

---

**«МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР В АКАДЕМГОРОДКЕ КАК**  
**КАТАЛИЗАТОР ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК»**

**Вдовин Е. П.,**  
**д.ф.-м.н., профессор РАН**  
**директор Математического центра в Академгородке**  
**МЦМУ «Математический центр в Академгородке»**

Математический центр в Академгородке — это один из четырех научных центров мирового уровня в области математики, созданный в конце 2019 года. Параллельно с ним были созданы один центр в Санкт-Петербурге и два центра в Москве. Мы тесно общаемся с центрами, у каждого своя модель развития, свой способ поиска целей, работ и механизмов и своё самоопределение. Я расскажу, что удалось наработать нам за два года и какие у нас есть идеи и в чём заключается наша стратегия.

Итак, когда мы начали работать, мы в первую очередь говорим о том, что у нас ведутся исследования, а также есть образовательная составляющая, и мы думали о том, каким образом наши исследования и образование могут быть связаны с реальным сектором — производством. То есть изначально мы имели перед собой три процесса, два из которых — исследование и образование — как-то протекают в нашем центре, а один — производство является для нас абсолютно внешним. Мы задумались, как выстраивать между ними взаимодействие, каким образом можно передавать в реальный сектор те результаты, которые получаются в центре, и как делать их востребованными. Наши различные эксперименты показывают, что, если вы рассматриваете эти три сущности как разные процессы и пытаетесь просто передавать результаты из одного процесса в другой, то так работает, но совершенно неэффективно, особенно если вам нужно быстро предложить какой-то вариант решения

абсолютно новой проблемы, с которой ещё никто не сталкивался и не понятно как к ней подступиться.

Мы поняли, что нам нужна какая-то модель работы, которая позволяет этим трём разным независимым процессам, ни один из которых не является подчинённым другому, тем не менее работать вместе, позволяя в синергии получать необходимый результат, который будет востребован. Как мы себе представляем, в чём может заключаться эта синергия? Что такое для нас исследования? Это производство новых знаний и технологий. Что такое производство? Это применение этих знаний и технологий, но уже в реальном секторе для производства там реальных товаров и услуг. Михаила Алексеевича Лаврентьева говорил, что «технологии не передаются, передаётся носитель технологий». Я категорически поддерживаю этот тезис и считаю, что знания тоже не передаются, передаются носители этих знаний. А носители этих знаний и технологий, которые разрабатываются в секторе исследований, готовятся в процессе образования. Таким образом, эта самая синергия необходима для того, чтобы из результатов исследований получили новые знания и технологии, а затем в процессе образования появляются их носители – люди, в которых передаются эти знания и технологии. Этот процесс на самом деле тоже сложный и о нём надо думать, к нему надо относиться. Но в соответствии с нашим осмыслением, по крайней мере образования, с точки зрения современной математики и IT сектора, оно является исключительно неэффективным, требует огромных усилий и при этом большая часть людей не способна воспринять знания, которые на самом деле являются необходимыми для всех, в условиях нашего быстро развивающегося мира с очень высокой долей цифровизации, использования алгоритмов. Таким образом, мы сейчас работаем над созданием новых форматов исследований и образования, чтобы сделать процесс передачи математических и IT знаний и технологий намного более эффективным и качественным. Это необходимо для перехода к подлинной экономике знаний будущего.

Один из наших пилотных проектов такого формата - воркшоп, который мы проводим уже во второй раз. В этом году мы его назвали Большой математической мастерской. В чём была идея первого воркшопа, которой прошёл в прошлом году? Мы просто предположили, что если взять конкретные задачи, собрать замотивированных, заинтересованных людей, которые хотят решать эти задачи, быстро предоставлять им доступа к экспертизе, к информации и документам, позволяющим им восполнять недостающие компетенции, то они смогут сгенерировать решение, которое дальше можно уже применять. В прошлом году это заняло пять недель: первая неделя интенсива, потом три недели более размеренной работы и потом ещё одна неделя интенсива. Интенсив — это формат, при котором команды работают по 8-10 часов в день. Несмотря на онлайн формат и летнее время, студентам, аспирантам, ученым было действительно интересно работать. В итоге мы поняли, что такой формат работает, когда вы пытаетесь организовать мозговой штурм и решить конкретную задачу. В результате запустился 1 стартап, когда появилась сгенерированная идея, которую можно продвигать дальше. Мы разработали 2 программных цифровых продукта и направили их дальше в агротехнологии и физику высоких энергий, с помощью чего они существенно улучшили свой производственный процесс, то есть у них сильно повысилось качество и ускорился процесс обработки, автоматизации. Было разработано 17 различных программных прототипов, которые дальше стали использоваться. Не менее 18 реальных научных статей было подготовлено и доработано позднее. По итогам из 243 заявившихся участников осталось 150. Спектр охвата тех, кто с нами сотрудничал, написан на слайде: сколько российских организаций, из которых приходили студенты, аспиранты, молодые ученые и сколько у нас было в тот момент партнёров.

В следующий раз на Мастерской, которая была в этом году, мы изменили концепцию. Мы больше задумались не о решении конкретно поставленных задач, а о генерации идей в области совсем непонятных проблем, для которых есть просто понимание того, что с ними нужно что-то

делать, потому что так уже совсем невозможно. Отбор таких проблем и позднее участие было более строгим, но ещё у нас наложилось организационные сложности с тем, что сначала всё должно было проходить очно, а потом всё-таки пришлось перевести в дистанционный формат. В связи с этим количество участников уменьшилось, но проектов и партнёров у нас стало даже больше. На выходе всё равно осталось 150 участников, то есть более строгий отбор позволил сделать меньший отсев.

А что мы получили на выходе? Мы получили несколько новых гипотез, которые мы собираемся дальше превратить уже в исследовательские проекты. Надеемся, что это серьёзно продвинет некоторые области, связанные с взаимодействием математики, технологий искусственного интеллекта и вычислительных математических методов. У нас получилось наладить взаимодействие нескольких различных групп, которые до этого находились в одном университете на одном факультете, и при этом они никаким образом не взаимодействовали. А после Мастерской у них появилось сразу три новых проекта, которые они решили запускать в процессе генерации этих новых гипотез. Сейчас мы собираемся для проверки этих гипотез попытаться запустить уже конкурс коротких проектов, в рамках которых мы попытаемся проекты, которые у нас оформились, довести до состояния, когда их уже можно подавать, как грант на фонд РФФИ, потому что там нужна долгая предварительная работа, и она тоже требует каких-то усилий и затрат.

А второй наш такой пилотный проект, который тоже связан с образованием, исследованиями и передачей всего этого в реальный сектор, это проект «Инженерная школа», в котором всё более возрастающая доля обучения состоит в том, что студенты постоянно работают над какими-то реальными проблемами, применяя к ним тот широкий математический и IT аппарат, который они получают в рамках фундаментального образования. На слайде перечислено несколько проектов, выполненных во время работы на втором курсе студентами. Они только перешли на третий курс, то есть проект идет у нас всего 2 года. Но вот уже на втором курсе ребята работают над

такими задачами и получают весьма существенные продвижения. Вот, наверное, на этом я становлюсь. Большое спасибо за внимание!

В конце, у нас тут присутствуют наши партнёры и я хочу сказать, что у нас есть уже какое-то сотрудничество вот с такими компаниями. Спасибо.

## «ЧЕЛОВЕКОЦЕНТРИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ»

**Вишневский К.О.,  
директор центра исследований цифровой экономики ИСИЭЗ НИУ ВШЭ  
НЦМУ «Центр междисциплинарных исследований человеческого  
потенциала»**

Еще в середине прошлого века компания General Electric разработала автоматический манипулятор Handyman, и буквально спустя 5-10 лет после этого начали очень активно распространяться решения, связанные с интеллектуальным производством, автоматизацией производства, что позволило назвать 60-е годы XX века **Третьей промышленной революцией**. К рубежу 70-80-х гг. относится зарождение цифровой экономики — именно в этот момент индивидам стали доступны персональные компьютеры. Сначала в 1977 г. появился персональный компьютер от Apple, а в 1981 г. свою систему выпустила IBM. При этом полугодичный план продаж IBM PC был выполнен за месяц!

Затем в 90-е гг. был «бум доткомов», когда рос интерес к возможностям интернета, но только в последнее десятилетие началось экспоненциальное развитие новых технологий. В 2011 г. в Германии была запущена инициатива **Индустрия 4.0**, которая ознаменовала начало **Четвертой промышленной революции**, а спустя 5 лет в Японии появилась концепция **Общество 5.0**, которая акцентировала внимание на том, что передовые технологии не только должны внедряться в производство, но в конечном счете способствовать

повышению уровня и качества жизни людей — это стало важной вехой в развитии **Человекоцентричных технологий**.

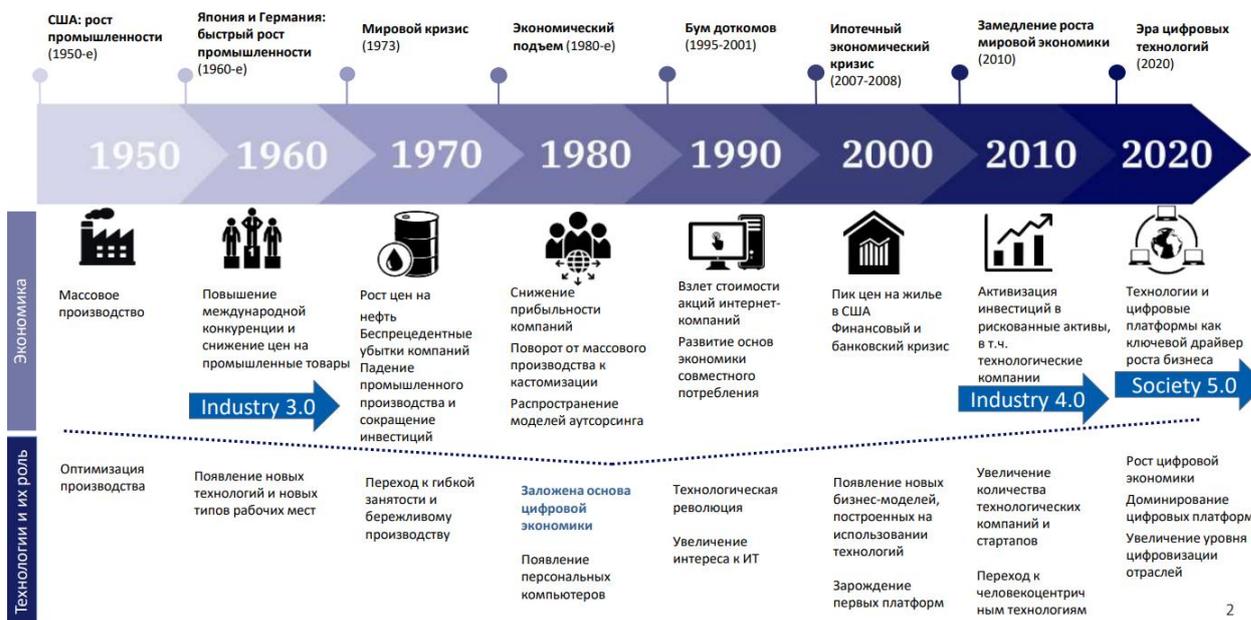


Рис. 1. Человекоцентричные технологии: исторические предпосылки

Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ

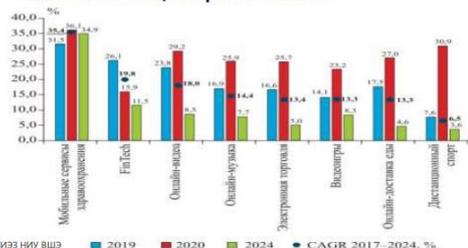
Тем не менее, долгое время полисимейкеры во всем мире ориентировались скорее на Индустрию 4.0, нежели на Общество 5.0. Но в этой связи примечателен такой факт: молодёжь уже в середине прошлого десятилетия активно задумывалась о роли человекоцентричных технологий в мировом развитии. В 2017 г. в России проходил Всемирный фестиваль молодежи и студентов, собравший порядка 25 тыс. участников из почти 200 стран мира. В течении недели НИУ ВШЭ проводил различные форсайт-сессии, чтобы узнать каким молодёжь видит мир будущего, что считает определяющим.

В частности, был проведен опрос, что молодёжь со всего мира считает самым значимым трендом, — развитие криптовалют, распространение идеи безусловного базового дохода, полное погружение в виртуальный мир или что-то ещё. Почти половина опрошенных заявила, что главный тренд — это использование новых технологий (и прежде всего цифровых) для усиления интеллектуальных и физических способностей человека (то, что сейчас

называют human enhancement). И в целом основной запрос был сформулирован в отношении того, как технологии трансформируют мир вокруг человека – начиная от новых возможностей для предпринимательства и заканчивая стремительным избавлением от любых рутинных операций.

Тем не менее, ещё насколько лет после Всемирного фестиваля молодежи и студентов не было значимых подвижек в мировоззрении. Только с пандемией COVID-19 цифровые технологии превратились из нишевого элемента, ориентированного на пользователей-новаторов, в массовый, а порой и единственный способ реализации повседневных потребностей населения. Бурный рост показали рынки, связанные с удовлетворением запросов человека, – электронная коммерция, онлайн-доставка продуктов и еды, сервисы дистанционной работы и учебы и даже телемедицина. Зародилось даже новое направление – CovidTech, которое включает в себя технологии, нацеленные на борьбу с коронавирусом и решение возникших проблем для населения, государства и бизнеса. Границы этого феномена на сегодняшний день достаточно проницаемы, но чаще всего в него включают цифровые технологии, нацеленные на мониторинг заболеваемости и прогноз распространения COVID-19, телемедицину, обеспечение образовательного процесса и работы в онлайн-режиме, в том числе за счет сервисов видеоконференций.

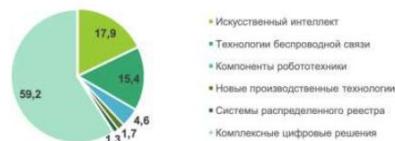
1 Резкий рост использования дистанционных сервисов в 2020 г. и потенциал роста к 2024 г.



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ

2 Цифровые технологии помогают бороться с COVID-19

Появление направления COVID-Tech



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ на основе OPSI COVID-19 Innovative Response Tracker

3 Вклад цифровизации в рост ВВП (накопленным итогом, %)



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ

4 Влияние пандемии на спрос и предложение цифровых технологий



Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ

5

Рис. 2. Развитие человекоцентричных технологий в период пандемии COVID-19

Источник: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ

Помимо пандемии существует и ряд других вызовов — например, риск нарастания цифрового разрыва, сравнительно низкая инновационная культура бизнеса и низкий уровень вовлечения населения в генерацию инноваций. Эти и целый ряд других вызовов детерминируют необходимость посмотреть на человека и его роль в эпоху технологических трансформаций под разными углами, что и составляет важную часть повестки НЦМУ<sup>1</sup>:

- Человек в будущем – какие глобальные тренды и вызовы, связанные с развитием человеческого потенциала станут определяющими?
- Человек в цифровом мире – какие социальные трансформации происходят под влиянием цифровых технологий?
- Человек в эпоху открытых инноваций – как будут меняться роли и место индивида в процессах создания и распространения инноваций с распространением новых бизнес-моделей?

<sup>1</sup> Более подробно повестку Научного центра мирового уровня (НЦМУ) «Центр междисциплинарных исследований человеческого потенциала» см. по ссылке: <https://ncmu.hse.ru/>

- Человеческий потенциал сферы науки и технологий — как развивать исследовательские компетенции, которые будут востребованы в будущем?

Отдельно остановимся на 2 примерах исследований по тематике роли человека в эпоху технологических трансформаций, проводимых в рамках НЦМУ.

### **Кейс 1. Оценка воздействия цифровых технологий на благополучие человека в России и ОЭСР**

При оценке воздействия цифровых технологий на благополучие человека за основу был взят подход Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и проведена его адаптация к России (OECD 2019a,b; OECD, 2015; Sabatini & Sarracino, 2014; Specker Sullivan & Reiner, 2019; Williams, 2019). В рамках пилотного расчета выделено порядка 30-ти индикаторов, которые отражают возможности, которые порождают цифровые технологии, и риски, которые они генерируют. Исследование еще продолжается, но уже сейчас есть первые выводы.

Выяснилось, что Россия опережает страны ОЭСР по некоторым категориям и индикаторам: например, в части госуслуг. Но вместе с тем это подсветило и ряд вызовов, на которые следует обратить особое внимание, — цифровой разрыв, цифровое неравенство, необходимость повышения цифровой грамотности населения.



В качестве метода форсайт-исследования был выбран метод Дельфи, поскольку это позволяет провести опрос «с обратной связью» (Flostrand & Bridson, 2020; Poba-Nzaou, Lemieux, Beaupré, & Uwizeyemungu, 2016; Keller & Heiko, 2014; Sokolov, 2009). У эксперта есть возможность посмотреть, как отвечали на те или иные вопросы другие прошедшие вопрос эксперты (например, о степени влияния периода наиболее сильного проявления тренда, или о влиянии пандемии на технологии). Соответственно, у человека есть возможность скорректировать свои ответы. Исследование носит открытый характер, но, для обеспечения высокого уровня качества, предусмотрен «входной билет» (наличие научных публикаций в рецензируемых международных журналах, участие в международных ассоциациях и т.п.). Результаты опроса будут доступны в ноябре-декабре 2021 г. на сайте <https://ncmu.hse.ru>.

### **Список литературы**

1. Flostrand A., Pitt L., Bridson S. The Delphi Technique in Forecasting – A 42-Year Bibliographic Analysis (1975–2017) // Technological Forecasting and Social Change. 2020. Vol. 150. 119773.
2. Keller J., Heiko A. The Influence of Information and Communication Technology (ICT) on Future Foresight Processes – Results from a Delphi Survey // Technological Forecasting and Social Change. 2014. Vol. 85. P. 81–92.
3. OECD (2015) The OECD Model Survey on ICT Access and Usage by Households and Individuals: 2nd revision. URL: <https://www.oecd.org/sti/ieconomy/ICT-Model-Survey-Access-Usage-Households-Individuals.pdf>
4. OECD (2019a) Going Digital: Shaping Policies, Improving Lives. Paris: OECD Publishing. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264312012-en>
5. OECD (2019b), How's Life in the Digital Age? Opportunities and Risks of the Digital Transformation for People's Well-being. Paris: OECD Publishing. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264311800-en>

6. Poba-Nzaou P., Lemieux N., Beaupré D., Uwizeyemungu S. Critical Challenges Associated with the Adoption of Social Media: a Delphi of a Panel of Canadian Human Resources Managers // Journal of Business Research. 2016. Vol. 69, No. 10. P. 4011–4019.
7. Sabatini F., Sarracino F. Online Networks and Subjective Well-Being // MPRA. 2014. Paper No. 56436. URL: [https://www.researchgate.net/publication/264826394\\_Online\\_networks\\_and\\_subjective\\_well-being](https://www.researchgate.net/publication/264826394_Online_networks_and_subjective_well-being)
8. Sokolov A. Future of S&T: Delphi Survey Results // Foresight and STI Governance. 2009. Vol. 3, No. 3. P. 40–58.
9. Specker S. L., Reiner P. Digital Wellness and Persuasive Technologies // Philosophy & Technology. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13347-019-00376-5>
10. Williams J. R. The Use of Online Social Networking Sites to Nurture and Cultivate Bonding Social Capital: a Systematic Review of the Literature from 1997 to 2018 // New Media & Society. 2019. Vol. 21, No. 11-12. P. 2710–2729. DOI: <https://doi.org/10.1177/1461444819858749>

#### «АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ФОТОНИКИ»

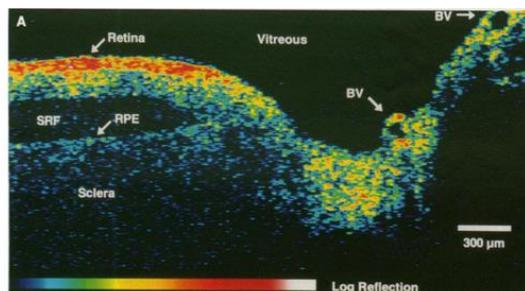
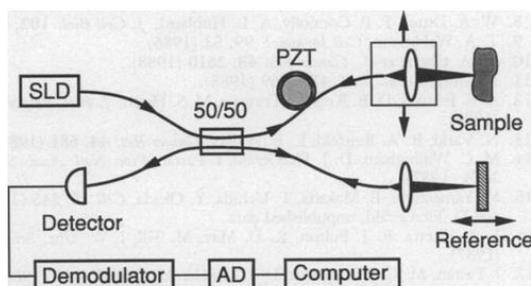
**Геликонов Г. В.,**

**д. ф.-м. н, заведующий отделом ИПФ РАН**

**НЦМУ «Центр Фотоники»**

Оптическая когерентная томография (ОКТ) - неинвазивный метод исследования внутренней структуры поверхностных слоев биологических тканей в ближнем ИК-диапазоне с пространственным разрешением 1 - 30 мкм [1,2].

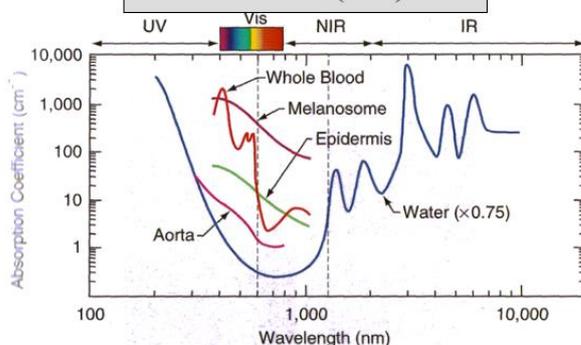
## ОПТИЧЕСКАЯ КОГЕРЕНТНАЯ ТОМОГРАФИЯ (ОКТ)



Huang D., Swanson E.A., Lin C.P., Schuman J.S., Stinson W.G., Chang W., Hee M.R., Flotte T., Gregory K., Puliato C.A., Fujimoto J.G. Optical coherence tomography. // Science 1991. V.254, №.5035, P. 1178-1181.

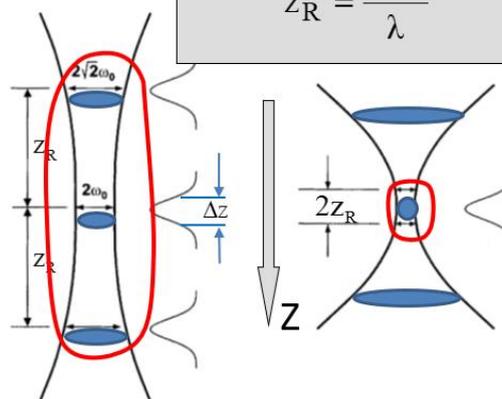
Продольное разрешение

$$\Delta z = \frac{2 \ln 2}{\pi} \left( \frac{\lambda^2}{\Delta \lambda} \right)$$



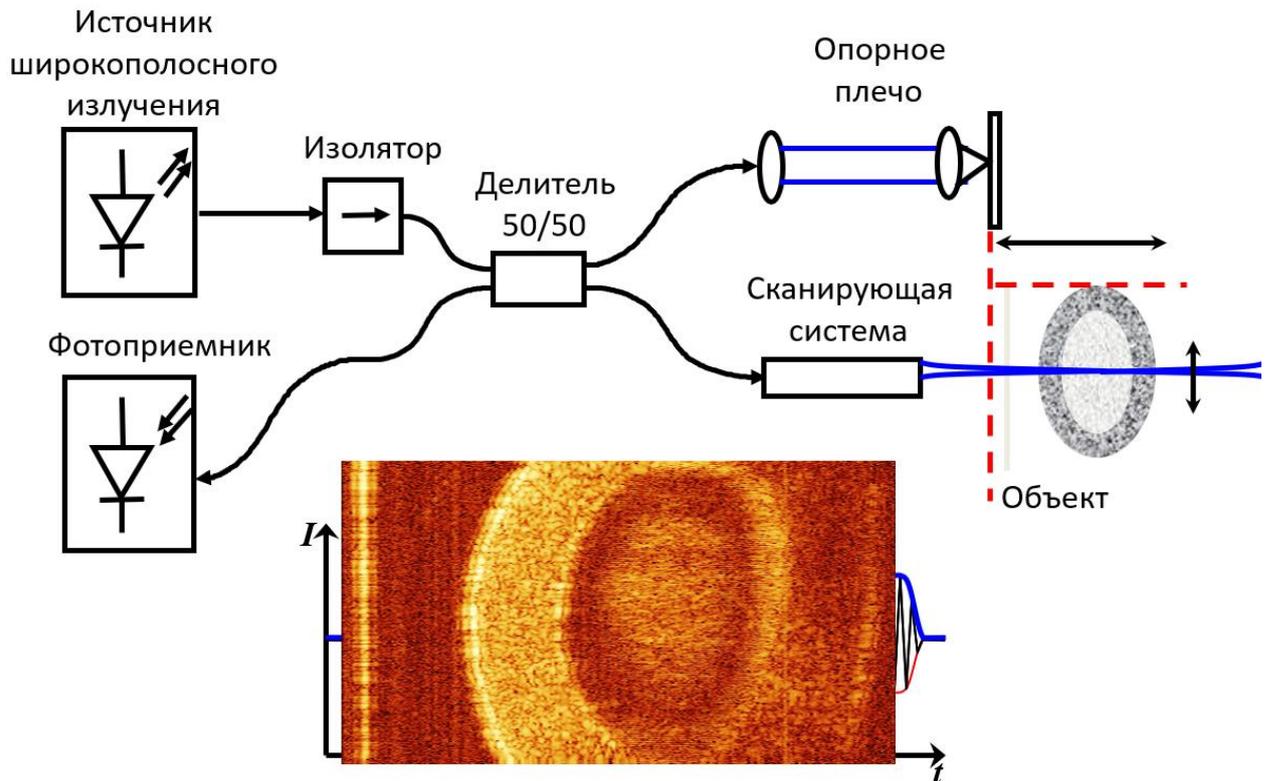
Поперечное разрешение

$$z_R = \frac{\pi \omega_0^2}{\lambda}$$



Для получения информации о внутренней структуре ткани в ОКТ используется широкополосное (шумовое) излучение малой мощности (единицы милливатт) ближнего инфракрасного диапазона из так называемого окна прозрачности. Зондирующая часть излучения фокусируется на объект, а другая часть направляется в опорное плечо интерферометра. Рассеянная объектом порция излучения попадает обратно в интерферометр, где интерферирует, смешиваясь с опорным. Благодаря малой длине когерентности в интерференции принимает участие только та часть всего рассеянного излучения, которая прошла совокупный путь такой же, как и опорное. Тем самым обеспечивается разрешение в глубину и высокая степень селекции информативного излучения в общем фоне рассеяния. Острота фокусировки зондирующего излучения выбирается из компромисса между достижением лучшего разрешения и обеспечением большей глубины зондирования.

## Оптическая Когерентная Томография (ОКТ), корреляционный метод

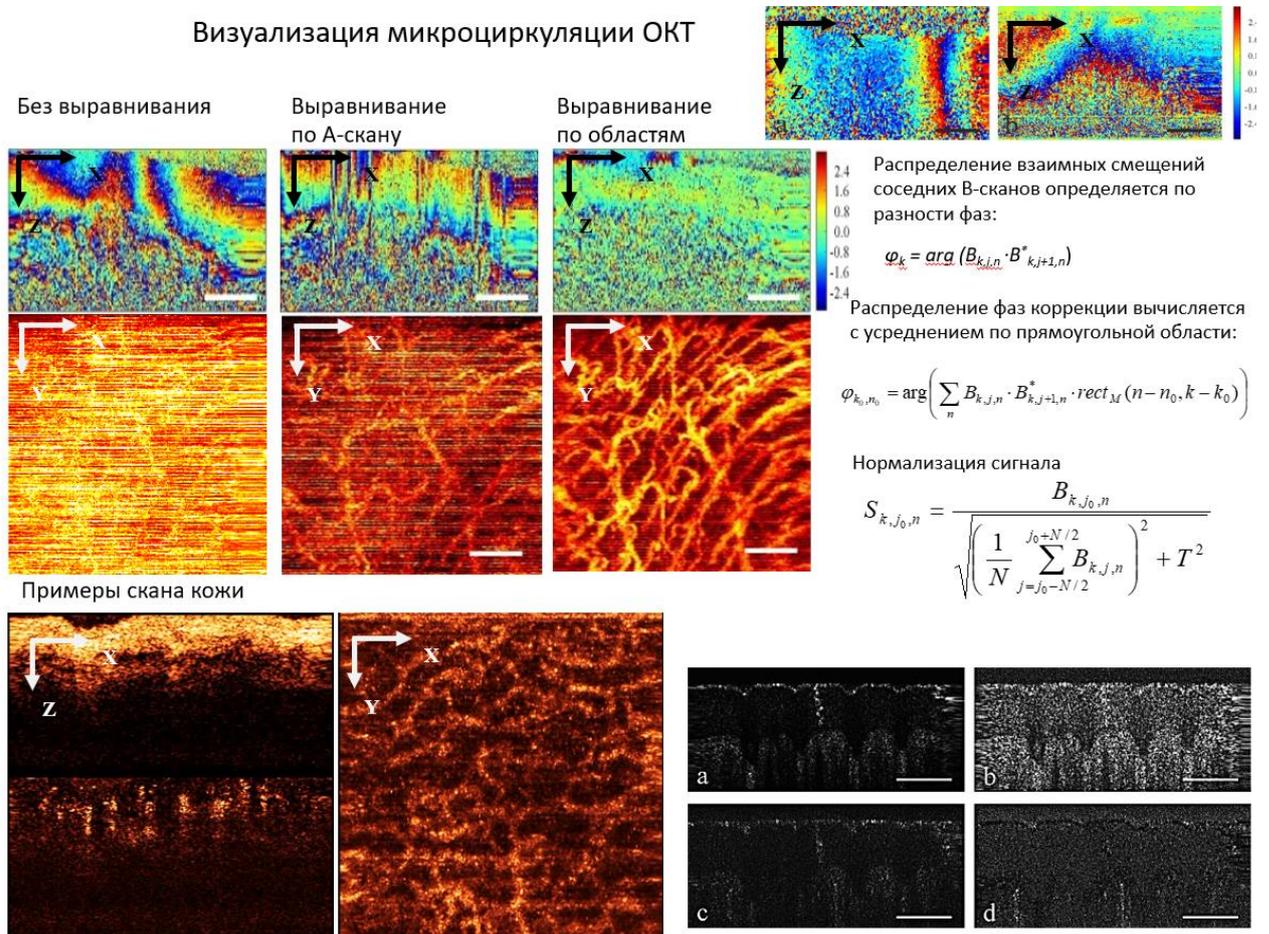


Для получения информации о рассеянии из других областей объекта производится сканирование в глубину и поперек. Сканирование в глубину осуществляется за счет изменения длины опорного плеча. При этом сигнал интерференции формируется на частоте, соответствующей Доплеровскому сдвигу. Для обеспечения необходимой скорости сканирования применяется разработанный в ИПФ РАН пьезо-волоконный модулятор длины [3]. Такой модулятор обеспечивает сканирование длины опорного плеча на 2-3 мм с частотой 1-2 кГц и постоянством скорости сканирования лучше 1%. Поперечное сканирование осуществляется перемещением зондирующего луча в поперечном направлении с помощью гальво-зеркала или MEMS зеркала.

Наряду с описанным методом известны еще и другие методы получения ОКТ сигнала. Основной особенностью ОКТ является то, что в результате сканирования производится запись информации об оптическом поле включая его фазу. Данное обстоятельство позволяет производить множество различных вычислений для получения дополнительной информации об

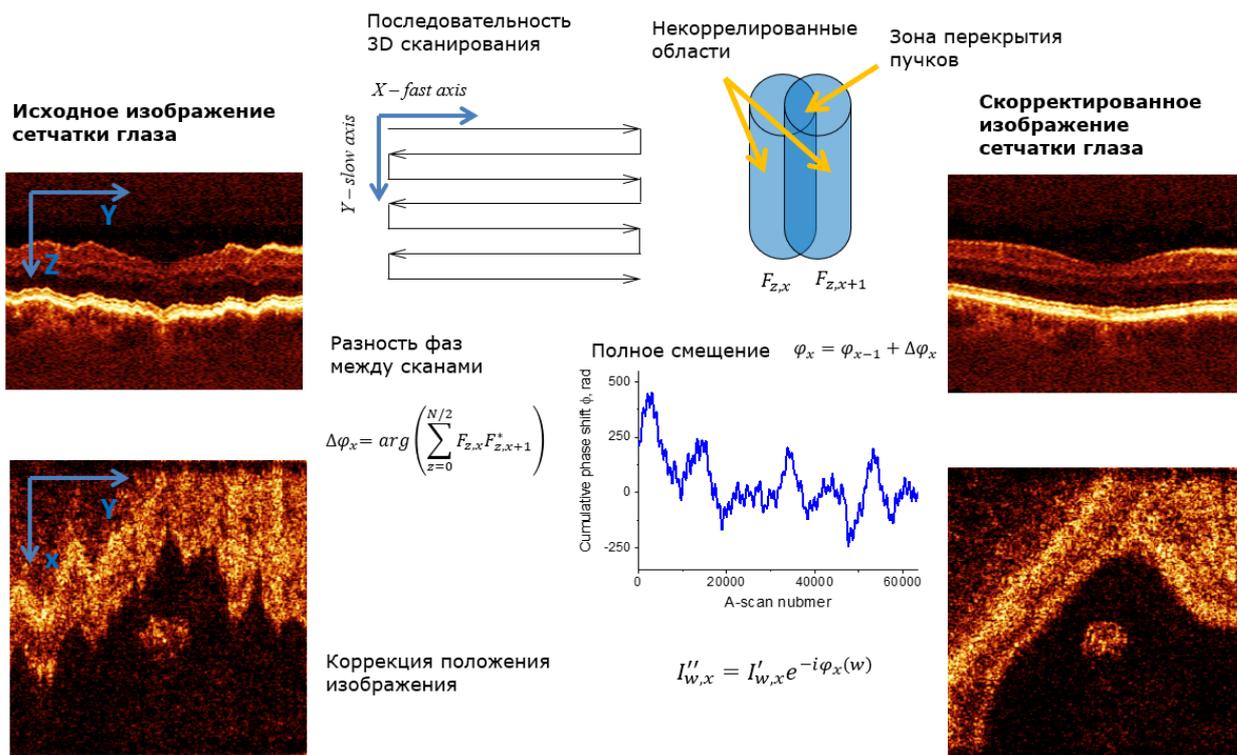
исследуемом объекте. Так, отслеживание изменения сигнала в соседних сканах, позволяет строить карты микроциркуляции, соответствующие кровотоку в поверхностных тканях.

Анализ изменения фазы интерференционного сигнала в соседних отсчетах позволяет получать информацию о движении объекта и его деформации. ОКТ является незаменимым инструментом диагностики целого ряда заболеваний *in vivo*. Учет таких данных позволяет существенно уменьшать артефакты ОКТ изображений микроциркуляции, вызванные движением живого объекта.



Возможность определять смещение объекта за время сканирования позволяет численными способами устранять влияние такого движения на результирующие изображения. Для этого применяется разработанный алгоритм анализа смещения с последующей коррекцией, основанной на свойствах преобразования Фурье [4].

## Метод компенсации продольного смещения



Геликонов Г.В., Ксенофонов С.Ю., Шлягин П.А., Геликонов В.М. Компенсация влияния флуктуаций дистанции до объекта при бесконтактном зондировании в спектральной оптической когерентной томографии Известия вузов Радиофизика. 2019; 62(3):252–262.

На основе разработанного в ИПФ РАН микросканера были построены микрозонды, совместимые с медицинскими эндоскопами. Такие микрозонды позволяют получать уникальную диагностическую информацию в клинической практике.

На основе разработок ИПФ РАН, с учетом перспективной конфигурации оптической схемы с двумя интерферометрами (измерительным и компенсирующим) [5] был разработан и реализован ОКТ прибор для медицинской эндоскопической диагностики методом ОКТ.

За 30 лет развития ОКТ шагнула далеко вперед по сравнению с первыми реализациями метода. Разработки ИПФ РАН на протяжении всех 30 лет были на передовом уровне развития метода ОКТ. Многие из них были первыми в мире, а некоторые до сих пор остаются уникальными.

## Список литературы

1. Huang D., Swanson E. A., Lin C. P., Schuman J. S., Stinson W. G., Chang W., Hee M. R., Flotte T., Gregory K., Puliafito C. A., Fujimoto J. G. Optical Coherence Tomography. // Science. 1991. Vol. 254, No. 5035. P. 1178–1181.
2. Геликонов В. М., Геликонов Г. В., Гладкова Н. Д., Куранов Р. В., Никулин Н. К., Петрова Г. А., Починко В. В., Правденко К. И., Сергеев А. М., Фельдштейн Ф. И., Ханин Я. И., Шабанов Д. В. Когерентная оптическая томография микронеоднородностей биотканей // Письма в ЖЭТФ. 1995. Т. 61, № 2. С. 149–153.
3. Зеленогорский В. В., Андрианов А. В., Гачева Е. И., Геликонов Г. В., Красильников М., Мартьянов М. А., Миронов С. Ю., Потемкин А. К., Сыресин Е. М., Штефан Ф., Хазанов Е. А. Сканирующий кросс-коррелятор для мониторинга однородных трехмерных эллипсоидальных лазерных пучков // Квантовая электроника. 2014. Т. 44, № 1. С. 76–82.
4. Геликонов Г. В., Ксенофонтов С. Ю., Шилягин П. А., Геликонов В. М. Компенсация влияния флуктуаций дистанции до объекта при бесконтактном зондировании в спектральной оптической когерентной томографии // Известия вузов. Радиофизика. 2019. Т. 62, № 3. С. 252–262.
5. Bush J., Feldchtein F., Gelikonov G., Gelikonov V., Piyevsky S. Cost Effective All-Fiber Autocorrelator for Optical Coherence Tomography Imaging // Proc. SPIE. 2005. 5855.

# «ВЛИЯНИЕ НАУЧНОГО ЦЕНТРА МИРОВОГО УРОВНЯ НА ПОВЫШЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РОССИИ»

**Овчарова Л. Н.,**  
**д. э. н., проректор НИУ ВШЭ,**  
**инициатор создания НЦМУ «Центр междисциплинарных исследований**  
**человеческого потенциала»**

Обострение международной конкуренции за качественный человеческий капитал – это глобальный тренд современного развития. Конкуренция за человеческий капитал и нематериальные активы в основном описывается вероятностными процессами, а множественность выбора заставляет просчитывать множество сценариев. Сценарных развилок становится больше в условиях неопределенности, а их осмысление требует междисциплинарного подхода. Поэтому тема человеческого капитала и условий его формирования сегодня в повестке большинства ведущих научных центров.

Наш Научный центр мирового уровня «Центр междисциплинарных исследований человеческого потенциала» (НЦМУ ЦМИЧП) был создан с двумя целями.

Первая цель — повышение конкурентоспособности России в нашей предметной сфере. Прежде всего, речь идет о конкуренции за качественный человеческий капитал и за те теоретические концепты и инструменты, которые обеспечивают социальную устойчивость и экономический рост. Следует отметить, что очень долго экономический рост и социальная устойчивость рассматривались как несовместимые или плохо совместимые явления, способные на определенном этапе перерасти в кризис.

И вторая наша цель — это продвижение на мировых дискуссионных площадках российской позиции по отклику на глобальные вызовы и тренды развития.

Инфраструктурная рамка существующих в стране научных центров мирового уровня в основном ориентируется на технические и естественные науки. Поэтому само создание нашего центра — событие неординарное. Ведь в консорциум для защиты национальной позиции объединились давние конкуренты — НИУ ВШЭ, РАНХиГС, МГИМО и ИЭА РАН.

Объединение в консорциум позволило нашим четырем организациям выйти на глобальное научное поле и занять 19-е место в мире по числу публикаций в нашей предметной сфере — человеческом потенциале (рис.1). Мы смогли опередить такие университеты как Беркли и Йельский университет, что создало возможность для продвижения нашей позиции и для понимания современного устойчивого развития инклюзивного экономического роста в мире.



2

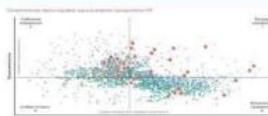
*Рис.1 Позиция НЦМУ ЦМИЧП в сфере социальных и гуманитарных наук по количеству публикаций*

У нашего центра есть 7 приоритетных научных направлений и 28 исследовательских программ (рис.2).

Программа Центра охватывает комплекс направлений исследований человеческого потенциала, представленных в глобальной повестке

- 1 СОЦИАЛЬНОЕ И ГУМАНИТАРНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА
  - 1 Социальная структура и благосостояние (II четверть карты (FORA))
  - 2 Человеческий потенциал в исторической перспективе (II)
  - 3 Личностный потенциал как предиктор успешности (I)
  - 4 Предикторы многообразия и устойчивости в условиях глобальных вызовов (I)
  - 5 Антропологическое разнообразие (II)
- 2 ДЕМОГРАФИЯ И АКТИВНОЕ ДОЛГОЛЕТИЕ
  - 6 Демографические прогнозы (I)
  - 7 Вызовы здоровью и продолжительность жизни (I)
  - 8 Человеческий капитал старшего поколения (IV)
  - 9 Миграционные потоки и миграционная политика (IV)
- 3 ЗАНЯТОСТЬ И ФОРМИРОВАНИЕ НАВЫКОВ И КОМПЕТЕНЦИЙ
  - 10 Навыки и компетенции (I)
  - 11 Рынок труда (I)
  - 12 Человек в креативной экономике (IV)
  - 13 Мультилингвальное и интеркультурное креативное обучение (IV)
- 4 ЧЕЛОВЕК В ЭПОХУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАЦИЙ
  - 14 Человек в будущем (I)
  - 15 Человек в цифровом мире (I)
  - 16 Человек в эпоху открытых инноваций (I)
  - 17 Человеческий потенциал сферы науки и технологий (I)

- 5 НЕЙРОКОГНИТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ СОЦИАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ
  - 18 Нейрокогнитивные механизмы принятия решений (I)
  - 19 Нейрокогнитивные механизмы коммуникации и речи (IV)
  - 20 Мозговые механизмы социальных процессов (IV)
  - 21 Нейрокогнитивные механизмы экономических решений (IV)
  - 22 Нейронауки об образовании (IV)
- 6 ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
  - 23 Человеческий потенциал и территориальная резилентность (II)
  - 24 Взаимодействие социально-экономических и природных систем (II)
  - 25 Газовые гидраты в глобальной конъюнктуре (I)
- 7 ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И БЕЗОПАСНОСТЬ В ГЛОБАЛЬНОМ МИРЕ
  - 26 Человек и противодействие угрозам мировой дестабилизации (II)
  - 27 Глобальная социальная политика (II)
  - 28 Глобальные пространственные аспекты реализации человеческого потенциала (I четверть карты (FORA))



ЦЕНТР МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

+

28

исследовательских  
проектов объединены в  
7 научных направлений

3

Рис. 2. Программа развития НЦМУ ЦМИЧП

Первое направление касается социально-гуманитарного измерения человеческого потенциала, в рамках которого будут создаваться новые теоретические и прикладные научные инструменты, содействующие формированию современного человеческого потенциала и измеряющие вклад человека в развитие. Это важное направление, так как Россия проигрывала в измерении вклада человеческого капитала, человеческого потенциала в развитие, шла дискуссия относительно самого наличия данного вклада.

Второе направление «Демография и активное долголетие» представляет собой реакцию на вызовы старения населения. Во всем мире, даже несмотря на пандемию COVID-19, активно развивается тренд активного долголетия. В основе этого концепта лежат научные, фундаментальные, прикладные механизмы. Отставание по этому направлению гарантирует проигрыш в соревновании за качественный человеческий капитал.

Третье направление — это исследования в сфере занятости и формирования навыков и компетенций, позволяющих найти новые национальные механизмы экономической успешности, которые обеспечат инклюзивность экономического роста и повысят вклад человеческого капитала в развитие. Практически всю первую половину 2021 года наш Центр

консультировал Правительство и рабочие группы, создававшие новые инициативы (сначала эти инициативы назывались «Фронтальной стратегией», а потом превратились в «42 научные инициативы развития России»). Во время этой работы эксперты нашего Центра оказались высоко востребованы: они оценивали обсуждавшиеся предложения с точки зрения приращения, которое те могли дать, а также с точки зрения их эффективности и результативности. Эта работа показала, что у нас большое поле для развития компетенций: как у органов управления, так и у исследователей, занимающихся этой темой.

Еще одно направление — это исследования, связанные с человеком в эпоху технологических трансформаций. Пятое направление касается исследований в области изучения нейрокогнитивных механизмов социального поведения. Если мы говорим о научных мейнстримах в нашей сфере, связанной с человеком, то, пожалуй, главный — это расширение возможностей человека, human enhancement. Это то направление, в которое сейчас инвестирует весь мир, и если мы здесь проиграем, то уже не догоним. Сейчас конкуренция за качественный человеческий капитал — главное конкурентное поле в мире. Поэтому исследования в этой области — это наш ответ на растущий запрос на расширение возможностей человека.

Усиление значения экологического благополучия предопределило следующий, шестой приоритет нашей программы, и седьмой самостоятельный приоритет «Исследование человеческого потенциала в контексте безопасности в глобальном мире». Последние события в Афганистане еще раз подтвердили, что значение этого направления («Человек и глобальная безопасность») становится все шире. Когда мы формулировали этот приоритет, на мировой повестке была Сирия, Ливия, потоки мигрантов. Сегодня мы понимаем, что история в Афганистане тоже не пройдет для развития человечества бесследно.

Что предопределило выбор основных 28 научных программ, и почему мы считаем, что их реализация обеспечит научный прорыв?

Мы стремились сделать ставку на направления, связанные с ответами на глобальные вызовы, и отдавали предпочтение тем направлениям, которые находятся в научном мейнстриме. Как мы определяем научный мейнстрим?

Для этого в нашем центре есть специальный инструмент анализа больших данных — iFORA, объект нашей научной инфраструктуры. Эта семантическая аналитическая программа построила семантическую карту научных исследований в рамках приоритетов научно-технологического развития России (рис. 3). Она позволила выделить четыре квадранта:

- Растущие направления, обеспечивающие научный прорыв;
- Сформировавшиеся стабильные направления (они еще сохраняют свою актуальность, но уже прошли фазу наиболее быстрого роста);
- «Затухающие» научные направления;
- Возникающие новые направления — «будущее науки».

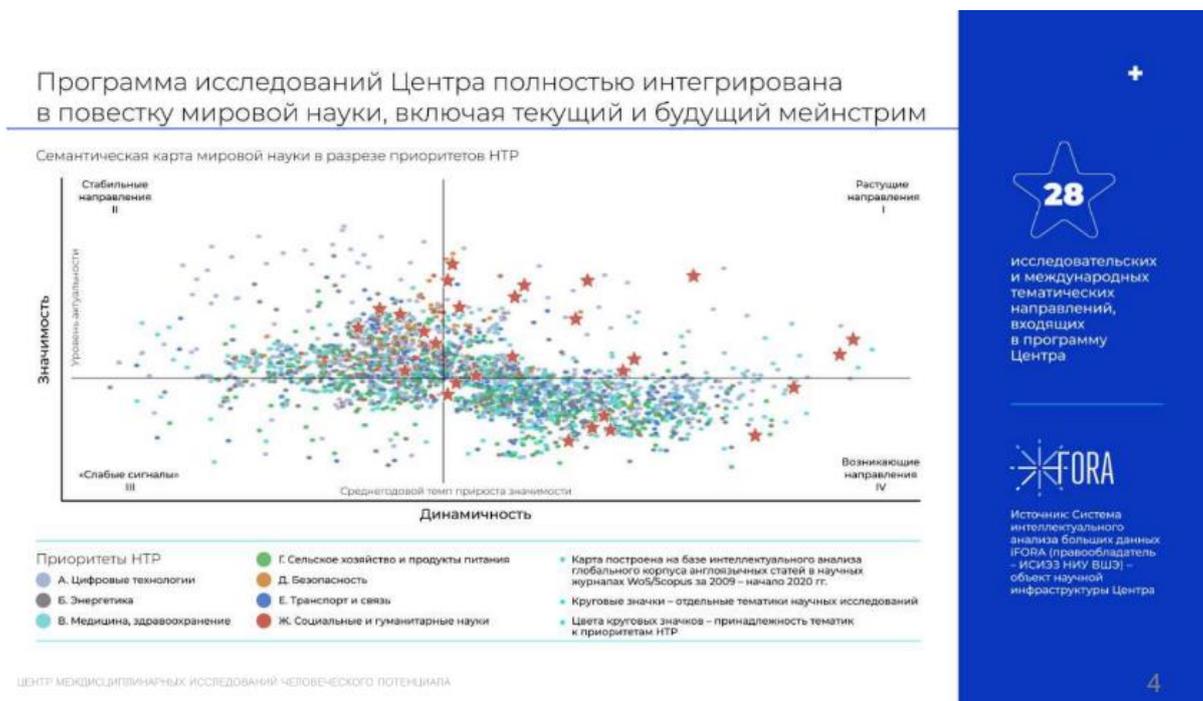


Рис. 3. Программа развития НЦМУ ЦМИЧП и повестка мировой науки.

В Программу развития Центра попали 28 исследовательских программ, концентрирующихся в квадрантах. Они связаны со стабильными, быстрорастущими и новыми научными направлениями.

В целом результаты Центра будут направлены на преодоление больших вызовов. Был выбран именно этот путь, поскольку задача, которую перед собой поставил Центр, и которая была поддержана при его создании, — это продвижение российской национальной позиции относительно того, как нужно отвечать на большие вызовы. Наши 28 программ будут направлены на преодоление семи больших вызовов. Максимально наш Центр будет полезен при преодолении двух из них — «Исчерпание возможностей экономического роста» и «Новые социальные и медицинские проблемы». Поскольку социальная устойчивость влияет на продовольственную безопасность, на практики освоения пространства, на экологическую и национальную безопасность, результаты исследований также будут нацелены на поиск решений по преодолению и этих вызовов.

За счет каких результатов Центр собирается обеспечить научный прорыв? На рис.4 показаны семь результатов, которые, мы надеемся, существенно укрепят нашу позицию в мировом пространстве исследований человеческого потенциала.



Рис. 4. Программа развития НЦМУ ЦМИЧП и прорыв в развитии научных исследований

Прежде всего, в нашей сфере мейнстримом будущего является расширение возможностей человека (human enhancement). Один из главных наших результатов — создание научно-исследовательского кластера в области нейрокогнитивных наук и распределенной лаборатории по изучению новых типов и источников социального неравенства.

Следующим направлением станет новое измерение человеческого потенциала, определение его вклада в развитие. Сейчас отмечается замедление темпов экономического роста, поэтому мы либо не сможем измерить новые эффекты роста и развития, потому что они в основном связаны именно с человеком, либо окажется, что мир действительно столкнулся с глобальным замедлением. Оставить эти вопросы без ответа мы не можем, но знаем, что «как померишь, так и будет». Развитие измерений в этой сфере станет сегментом прорывных научных результатов в нашей сфере.

И, наконец, связанный с предыдущим, но все же самостоятельный сегмент концентрации результатов — развитие инструментов доказательной политики. Наша сфера состоит из вероятностных, обусловленных процессов, поэтому определение причины и следствия остается актуальным вопросом. В одних странах одни механизмы работают, а в других — нет, и приходится разбираться в причинно-следственных связях с помощью экономико-статистических, математических методов.

Мы часто сталкиваемся с анализом опыта других стран. Он очень многообразен, а его результаты неоднозначны. Поэтому сейчас все страны формируют национальные банки инструментов доказательной политики. И наша страна — не исключение.

Консорциум — очень хороший организационный механизм, открывающий большие возможности для новых форм сотрудничества — сквозных проектов, которые появились уже в процессе работы, как например: 1) форсайт-исследование «Глобальные тренды и вызовы развития человеческого потенциала». Только объединение экспертного сообщества четырех организаций позволит сделать подобное качественное конкурентное

научное исследование мирового уровня; 2) распределенная группа по изучению вопросов неравенства; и 3) координация исследований исторической перспективы развития человеческого потенциала.

## «НАУЧНЫЙ ЦЕНТР МИРОВОГО УРОВНЯ «АГРОТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО» — ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ НАУКИ, ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ»

**Скуратов А.К.,**  
**д. т. н., профессор,**  
**Директор НЦМУ «Агротехнологии будущего»**

Научный центр мирового уровня (НЦМУ) — новация, реализованная Минобрнауки России. Это не типовой научный проект с фиксированными параметрами: результатами и сроками реализации, а динамично развивающаяся НАУЧНАЯ ЭКОСИСТЕМА, оперативно реагирующая на мировые вызовы. Действительно, понятие НЦМУ включает в себя:

- современную научную инфраструктуру: лаборатории, уникальные приборы и установки, центры коллективного пользования, научные платформы и т.п.; научная инфраструктура участников НЦМУ ежегодно пополняется новейшими приборами, а при появлении более эффективных приборов возможны соответствующие замены в планах закупок;
- кадровую составляющую: ведущие ученые, молодые исследователи (с ориентиром на 55%), аспиранты; причем ежегодно требуется подтверждение статуса ведущего ученого на основе публикаций в высокорейтинговых изданиях; кадры НЦМУ ежегодно пополняются за счет перспективных молодых ученых и аспирантов из регионов России;

- образовательную составляющую — разрабатываются образовательные и исследовательские программы, ведется ежегодная переподготовка специалистов по программам дополнительного обучения с выдачей документов государственного образца; причем используются как очные так и дистанционные технологии обучения с целью привлечения обучающихся из других регионов страны;
- трансфер разработанных технологий и наукоемкой продукции на основе регистрации результатов интеллектуальной деятельности, патентования, лицензионных договоров, реализации инновационной продукции; ориентация идет на применение полученных результатов и их востребованность для социально-экономического развития России;
- программно-календарную составляющую, которая имеет гибкую структуру: Программу создания и развития НЦМУ возможно ежегодно адаптировать к складывающейся обстановке в конкретной области науки с учетом достигнутого мирового уровня и планируемых перспектив и вызовов;
- информационные сервисы: базы данных, научные коллекции, интернет-порталы, электронные образовательные ресурсы и т.п.;
- научно-публикационную активность: публикации в высокорейтинговых изданиях, имеющих рейтинги Q1 и Q2, научные конференции, семинары и мастер-классы с привлечением представителей реального сектора экономики;
- международную составляющую: сформирован Международный наблюдательный совет, заключаются международные договоры о научных исследованиях, иностранные ученые работают в составе научных коллективов НЦМУ;
- популяризацию: выставки, форумы (включая такие как Петербургский международный экономический форум, Международный форум «Технопром», Восточный экономический форум и др.), публикации в СМИ;

- организационную составляющую: по вертикали это – Правительство Российской Федерации, Минобрнауки России, Организация-монитор, Организация-Координатор и по горизонтали это – Совет НЦМУ, Рабочие группы, Пресс-центр.
- финансовую устойчивую составляющую: многолетние долгосрочные соглашения с участниками НЦМУ на основе постановлений Правительства Российской Федерации.

Начало созданию Научного центра мирового уровня положил «майский» Указ Президента Российской Федерации Владимира Путина от 7 мая 2018 года. Документ предусматривал прорывное научно-технологическое и социально-экономическое развитие России, повышение уровня жизни граждан, создание комфортных условий для их проживания и самореализации. Решению этих задач должно было способствовать создание научно-образовательных центров мирового уровня на основе интеграции университетов и научных организаций, и их кооперации с организациями из реального сектора экономики.

На конкурсный отбор проектов таких центров поступило 60 заявок, 11 из которых были заслушаны государственной комиссией во главе с заместителем Председателя Правительства РФ Татьяной Голиковой. Помимо вице-преьера, в обсуждении принимали участие Министр науки и высшего образования Валерий Фальков, ректор МГУ им. М.В.Ломоносова Виктор Садовничий, президент РАН Александр Сергеев. Ректор РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Академик РАН, профессор Владимир Трухачев выступил инициатором создания Научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего». В августе 2020 года глава вуза успешно защитил этот проект на заседании госкомиссии.

При создании Консорциума соблюден баланс между наукой и образованием, в его состав входят:

2 ведущих университета страны, учрежденные двумя федеральными ведомствами - Министерством сельского хозяйства РФ и Министерством науки и высшего образования РФ;

федеральные исследовательские центры Российской Академии наук.

В Консорциум объединены организации, имеющие в качестве задела за три последних года:

более 450 публикаций из журналов первого и второго квартилей;

более 70 диссертаций исследователей участников центра;

более 300 выполненных научно-исследовательских проектов;

более 200 зарегистрированных результатов интеллектуальной деятельности, в том числе на селекционные достижения.

Созданная коллаборация организаций обуславливает предпосылки для получения результатов мирового уровня и в целом значительного синергетического эффекта в будущем за счет объединения научных и кадровых потенциалов.

По результатам обсуждения были утверждены 10 НЦМУ по 6 приоритетным направлениям. Тимирязевский НЦМУ стал победителем в направлении «Высокопродуктивное и экологически чистое агро- и аквахозяйство, создание безопасных, качественных и функциональных продуктов питания». Помимо РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, в создании проекта участвовали ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, ФИЦ «Информатика и управление» РАН, ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, Почвенный институт имени В.В.Докучаева, Санкт-Петербургский государственный университет, Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова. Перед Консорциумом НЦМЦ «Агротехнологии будущего» стоят амбициозные цели:

Доля молодых исследователей – 55%

Статья в Q1 и Q2 – 347

Заявки на РИД – 136

Образовательные программы – 50

Количество исследователей – 211

Конференции и школы – 99

Трансфер технологий – 25.

Программа НЦМУ «Агротехнологии будущего» ориентируется в своей реализации на приоритеты, определенные Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации. Цели проекта:

- Формирование центра компетенций международного уровня в области агротехнологий на основе объединения ведущих отечественных научных и образовательных организаций в области сельского хозяйства, биотехнологий и цифровых технологий и создать предпосылки для обеспечения лидирующих позиций российской аграрной науки в мире.

- Реализация комплексной программы фундаментальных и поисковых исследований, которые будут направлены на решение глобальных задач в области сельского хозяйства и агротехнологий, что позволит создать научно-технологический задел для развития новых, высокоэффективных, инновационных товаров, продуктов и услуг.

Набор компетенций, которыми обладают участники Консорциума, актуальность избранных направлений в повестке современной науки, запросы реального сектора экономики послужили основой для выбора направлений деятельности центра.

Проекты НЦМУ сгруппированы по следующим направлениям:

Агробиотехнологии управления плодородием почв России в интересах высокопродуктивного земледелия минимального экологического риска;

Ускоренная селекция высокоурожайных и устойчивых сортов и гибридов растений, обладающих заданными характеристиками качества;

Новые цифровые технологии в сельском хозяйстве;

Технологии переработки и валоризации малоценного сельскохозяйственного сырья и отходов агропромышленного комплекса;

Создание безопасных, качественных, функциональных кормов и продуктов питания.

Всего в рамках Программы заявлено более 60 конкретных научных проектов, в том числе по направлениям, которые Вы видите на слайде.

В Программе НЦМУ зафиксированы амбициозные индикаторы, которые представлены на слайде. Они должны быть достигнуты и контроль проводится ежеквартально.

Несмотря на то, что исследовательская деятельность Консорциума только набирает обороты, проект уже доказывает свою состоятельность, а ученые делятся значительными успехами по итогам первого года работы. Высоко работу НЦМУ «Агротехнологии будущего» оценил Совет по государственной поддержке создания и развития научных центров мирового уровня, прошедшего под руководством заместителя Председателя Правительства Российской Федерации Татьяны Голиковой, полностью одобрившей результаты реализации программ и развития Центра.

О проделанной работе красноречиво говорят факты и цифры. За год существования под эгидой научного центра над исследованиями международного уровня работают более 400 сотрудников, около 180 из них являются заслуженными учеными в своих областях. При этом доля молодых ученых составляет 50%. Более 36% исследований центра проводится под руководством молодых перспективных исследователей. В 2021 году к амбициозному проекту присоединился ученый с мировым именем – лауреат Нобелевской премии 2007 года в сфере экологии, профессор Риккардо Валентини.

Нобелевский лауреат полагает, что Россия должна стать крупнейшим экспортером безопасной продукции на международном рынке, но для этого необходима разработка самых современных технологий и постоянный приток профессиональных кадров. «Открытие центра «Агротехнологии будущего» очень важно с точки зрения работы на будущее. Мы все в одной лодке», — таким видит миссию НЦМУ ученый. В своей деятельности Риккардо

Валентини традиционно значительное внимание уделяет проблеме изменения климата. Ученый справедливо полагает, что НЦМУ обладает необходимыми возможностями для анализа ситуации и выработки решений на перспективу. Все это необходимо как крупному бизнесу, так и фермерам для успешного возделывания культур. В Научном центре мирового уровня РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева Риккардо Валентини работает в качестве ведущего научного сотрудника в области IT-систем агроэкологического мониторинга. В исследованиях получают свое применение уникальные мобильные датчики, разрабатываемые коллективом ученых под руководством итальянского профессора.

За время существования научного центра созданы 12 актуальных образовательных и исследовательских программ: в сфере роботизированных систем для АПК, биологической защиты растений, вертикального растениеводства, высокопроизводительного фенотипирования растений, оценки эффективности проектов развития инновационных отраслей АПК, области редактирования геномов растений, для мониторинга почв, имитационного моделирования органических отходов и др. Принципиально важно, образовательные продукты востребованы реальным сектором и направлены на решение насущных проблем производителей продукции. В НЦМУ обучается 24 иностранных аспиранта и 56 аспиранта из субъектов Российской Федерации кроме Москвы и Санкт-Петербурга.

Ученые Центра уже подали 31 заявку на правовую охрану результатов интеллектуальной деятельности. Только за 9 месяцев работы на исследования и разработки Центра привлечено 44,68 млн. рублей внебюджетных средств.

Всего в рамках работы по популяризации достижений Центра намечено более 40 мероприятий: конференций, выставок, мастер-классов, школ молодых ученых, круглых столов. При этом члены консорциума участвуют в различных мероприятиях международного уровня, где представляют результаты своей деятельности. Стоит отметить, в рамках дискуссии «НЦМУ на пике глобальных научных достижений» Научный центр мирового уровня

«Агротехнологии будущего» был представлен на Петербургском международном экономическом форуме-2021, в рамках VIII Международного форума технологического развития «Технопром-2021» (МВК «Новосибирск Экспоцентр»), проведен Круглый стол «Научные центры мирового уровня: от Индустрии 4.0 к обществу 5.0».

Общие победы Центра складываются из успехов его отдельных участников. За время работы НЦМУ ведущий научный сотрудник РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева Петр Мальчиков был удостоен Золотой медали им. Лукьяненко, вручаемой Российской академией наук за выдающиеся работы в области селекции зерновых культур. Участники НЦМУ «Агротехнологии будущего» ВНИИСХМ Антоненко К.С. и Нижников А.А. получили Премию Президента Российской Федерации в области науки и инноваций для молодых ученых (Указ Президента РФ №75 от 08.02.2021 г).

Ученые достойно представили Тимирязевскую академию на XXIV Московском международном салоне изобретений и инновационных технологий «Архимед 2021». По итогам конкурсной программы выставки инноваций золотую, серебряную и бронзовую медали завоевали коллективы ученых под руководством Нины Дунченко, Сергея Белопухова и Галины Гатаулиной соответственно. За старшими коллегами тянутся молодые ученые. Младший научный сотрудник Центра Сергей Ермаков получил стипендию Правительства Российской Федерации. Инженер-исследователь НЦМУ РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева Рашид Тараканов стал победителем Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди вузов Минсельхоза России. А студентка победила в конкурсе «Научная стажировка» Фонда поддержки молодых ученых имени Геннадия Комиссарова.

Перед специалистами НЦМУ стоит задача научного прорыва и создания сверхсовременных технологий. В рамках деятельности Центра ученые-селекционеры Тимирязевской академии создали не имеющие аналогов в мире гибридные комбинации белокочанной капусты, содержащие гены устойчивости к распространенным заболеваниям. Кроме того, тимирязевцы

первыми в России на основе использования молекулярно-генетических методов анализа разработали образцы лука репчатого с устойчивостью к распространенному заболеванию — пероноспорозу.

Заслуженный ученый Тимирязевской академии, профессор Галина Гатаулина совместно с коллегами вносит свой вклад в копилку достижений Центра «Агротехнологии будущего». Исследователь занимается выведением новых сортов белого люпина. Два созданных сорта - «Тимирязевский» и «Гана» - уже получили самые высокие оценки научного и отраслевого сообщества. Еще одним практически значимым результатом работы НЦМУ стала опытно-промышленная установка РГАУ-МСХА и ФИЦ Биотехнологии РАН — вертикальная ферма с динамическим LED-освещением. Она позволяет добиваться в год до 6 урожаев безвирусного семенного материала картофеля, причем с заданными качествами. При этом процесс может быть максимально автоматизирован - применение ручного труда требуется лишь на стадии посадки и сбора урожая.

В рамках консорциума получили новое ускорение агроэкологические исследования ученых Тимирязевской академии. Такие изыскания позволяют превращать традиционно слабые стороны земледелия на больших полях с повышенной неоднородностью почвенных и агроклиматических условий в его преимущества. Эта работа ведется при помощи IoT-систем агроэкологического мониторинга и интеллектуальных систем поддержки принятия экологически сбалансированных решений по выбору и оперативной корректировке наилучших доступных агротехнологий. При этом учитываются глобальные изменения климата, растущий запрос на низко-углеродные технологии, повышенное разнообразие и качество сельскохозяйственной продукции.

Впервые в мире учеными ВНИИСХМ проведено секвенирование генома дикорастущей разновидности гороха *Pisum fulvum* с использованием технологии Illumina, создана сборка его генома и проанализирован полиморфизм генов, кодирующих рецепторные киназы, необходимые для

взаимодействия с клубеньковыми бактериями. Было показано, что инокуляция бобовых культур коммерческими штаммами совместно с изолятами, полученными из реликтовых бобово-ризобияльных систем, может сопровождаться увеличением скорости клубенькообразования, общего количества клубеньков и повышением уровня азотфиксирующей активности, что приводит к увеличению биомассы растений.

С использованием молекулярно-генетических подходов в Санкт-Петербургском государственном университете разработаны перспективные методики идентификации фитопаразитических клещей, получены новейшие данные по биологии клещей-фитопаразитов и впервые показана эффективность обработки акарицидами в отношении галловых клещей в период их массовой миграции.

В рамках НЦМУ в ФИЦ ИУ РАН поставлена задача разработки и определена архитектура трёх взаимосвязанных цифровых платформ: управления АПК России, совместного использования данных дистанционного зондирования Земли в интересах АПК России, информационно-аналитической поддержки научно-исследовательской деятельности в области АПК. Апробируются математические модели и методы обработки данных на этих платформах.

Ученые из НЦМУ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева» впервые показали возможности бесконтактного детектирования изменения с глубиной набухаемости почв, а также возможности оперативного дистанционного картографирования почвенной корки как индикатора начальных стадий деградации пахотных почв.

Сотрудники НЦМУ из ФГБ НУ ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» ведут разработки по созданию идентифицированного генофонда и платформы для геномной селекции. Объектами исследований являются яровые злаковые: пшеница мягкая, овес и ячмень, плодовые — груша. Проводится создание конвейеров сортов бобовых культур с заданными свойствами.

В ФИЦ Биотехнологии РАН разработана базовая технология управляемой вегетации картофеля, с вариациями по освещению. Технология позволяет получать миниклубни семенного картофеля в условиях вертикальной фермы с динамическим освещением 5-6 раз в год. Выявлен эффект повышения продуктивности сортов на 20-40% в последствии различных режимов освещения на стадии получения исходного семенного материала. Сотрудниками ФИЦ Биотехнологии РАН оптимизированы методы высокочувствительной иммунодиагностики фитопатогенов, позволяющие выявлять скрытое бессимптомное инфицирование и принимать оперативные агротехнические меры. Для выявления вируса мозаики люцерны разработана методика экспрес-тестирования, позволяющая проводить весь цикл анализа за 30-40 мин вне специализированных лабораторий. Универсальный характер реализуемых подходов обеспечивает возможность их применения для высокочувствительного определения различных фитопатогенов.

Специалистами НЦМУ из ФИЦ Биотехнологии РАН в области генетики дрожжей охарактеризованы четыре штамма винных дрожжей, перспективных для использования в отечественном виноделии. Полученные данные о геномах винных дрожжей позволят выявить молекулярные маркеры ценных признаков и связать их с фенотипом, а также провести генетическую паспортизацию этих штаммов. Для разработки эффективного и экологически безопасного способа защиты сельскохозяйственных растений, ученые ФИЦ Биотехнологии РАН разработали биопрепарат на основе микроорганизмов, применение которого совместно с современными фунгицидами позволяет усилить защитный их эффект при минимально возможной концентрации.

Тимирязевские ученые вместе с коллегами из других организаций-участников Консорциума заявляют новые цели, способные стать достижениями международного уровня. Например, впервые в мире будут созданы образцы диплоидной капусты белокочанной, сочетающие устойчивость к расам возбудителя сосудистого бактериоза. Специалисты в области защиты растений намерены создать опытные образцы линейки

микробиологических препаратов на основе эндофитных бактерий, обеспечивающих питание и защиту растений, а также отработать режимы их культивирования. Обработка растений такими бактериями способна значительно уменьшать вред, наносимый патогенными грибами, бактериями, вирусами, насекомыми и нематодами.

Коллеги-ученые РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева и ФИЦ Биотехнологии наметили создать коллекции *in vitro* редких и перспективных видов лекарственных и эфиромасличных растений Крыма. В дальнейшем планируется их ускоренное размножение и внедрение в сельскохозяйственный оборот. Кстати, проектирование опытного производства уже запущено.

Перспективное исследование, посвященное трансгенам растений рода *Vaccinium*, проводят в Санкт-Петербургском государственном университете. Задача ученых заключается в оценке особенностей изменения трансгенов в процессе эволюции и отсроченных экологических последствий возделывания ГМО.

В настоящее время ученые и сотрудники Консорциума НЦМУ «Агротехнологии будущего» готовятся к участию в Восточном экономическом форуме, Международной выставке «Золотая осень», VI Всероссийском форуме «Наука будущего – наука молодых», Всероссийскому фестивалю технических достижений «ТЕХНОСРЕДА-2021», Конгрессу молодых ученых в Сочи (Сириус), VIII Ежегодной национальной выставке «Вузпромэкспо-2021», Международной научной конференции «Агробиотехнология-2021», а также ряду других мероприятий, календарь проведения которых можно найти на сайте НЦМУ: <http://future-agro.ru/>.

В заключении хотелось бы отметить крайне удачный механизм поддержки научных исследований в форме создания Научных центров мирового уровня, который был реализован Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

Возможно, имеет смысл создание филиалов Научных центров мирового уровня в регионах. Предлагаю обратиться в Министерство с предложением рассмотреть возможность продления деятельности НЦМУ и после 2025 года.

## ЧАСТЬ III КРУГЛЫЙ СТОЛ

### «НЦМУ — развитие высоких технологий для повышения научно-технического потенциала и конкурентоспособности России в фокусе Дальнего Востока»

---

#### «ЦИФРОВАЯ ОБЛАЧНАЯ ПЛАТФОРМА ИСП РАН ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ БИМЕДИЦИНСКОГО ДОМЕНА»

**Аветисян А. И.,  
академик РАН,**

**директор Института системного программирования РАН  
НЦМУ «Цифровой биодизайн и персонализированное здравоохранение»**

Текущая фаза цифровой трансформации, в которую вступает медицина, характеризуется не только автоматизацией существующих процессов и, как следствие, существенным повышением конкурентоспособности. В действительности цифровая трансформация это принципиальное изменение ландшафта вокруг нас, в том числе это создание совершенно новых видов бизнеса.

С точностью спрогнозировать, куда приведет ту или иную научную отрасль (в том числе медицину) технологическое развитие, вряд ли возможно. Такие проекты как НЦМУ (научные центры мирового уровня), не ограниченные реализацией одного конкретного проекта, работают на решение этой масштабной задачи и направлены на комплексное продвижение по эволюционному научному треку. Для НЦМУ «Цифровой биодизайн и персонализированное здравоохранение» одной из наиболее интересных комплексных тем является цифровизация в медицине.

В настоящий момент все большее значение начинают приобретать различные портативные устройства, осуществляющие сбор информации о человеке в реальном времени. Особенно важным видится применение подобного мониторингового комплекса в больницах, как это уже осуществлено во многих странах. Однако, в идеальном мире скрининг представляется необходимым осуществлять постоянно (в том числе, с подключением социальных сетей) с превентивными целями, во избежание попадания людей в больницы (Dr. Leroy Hood, 2013; Shmid & Mkrtumyan, 2019; Березин А., Новиков Р., Новопашин М., Позин Б., Шмид А., 2020). Для достижения этих целей необходима как качественная медицина, так и цифровая платформа, на базе которой развивается соответствующая экосистема.

Так, на примере ЭКГ, можно показать, что при появлении новых данных, или новых сопутствующих заболеваний весь ранее собранный комплекс снимков утрачивает свои аналитические и прогностические свойства, его необходимо переформатировать, размечать, дополнять и актуализировать (Gliner, Keidar, Makarov, Avetisyan, Schuster & Yaniv, 2020; Андреев П., Ананьев В., Макаров В., Карпулевич Е., Турдаков Д., 2020). Ввиду того, что данные ситуации возникают не только с ЭКГ, для полноценной работы с ними требуется специальная цифровая платформа, позволяющая подходить к решению концептуально, а не по конкретному специализированному шаблону.

В основу деятельности НЦМУ «Цифровой биодизайн и персонализированное здравоохранение» положена именно такая платформа — «базовая платформа цифровой трансформации» — которая, помимо медицинской отрасли, может быть использована и в любой другой, например, в сельскохозяйственной. То есть, платформа имеет высокий потенциал адаптации. В то же время создание специализированного аналога под каждую конкретную область является чрезмерно дорогим процессом.

Сертификация цифровой платформы планируется к 2023 году. Следующим этапом будет ее интеграция с открытыми данными (например, социальными сетями (Buzun, Korshunov, 2012; Коршунов А., Белобородов И., Бузун Н., Аванесов В., Пастухов Р., Чихрадзе К., Козлов И., Гомзин А., Андрианов И., Сысоев А., Ипатов С., Филоненко И., Чуприна К., Турдаков Д., Кузнецов С, 2014)).

В настоящее время нередко ситуация, когда существующие БД различных научных отраслей содержат либо недостоверные, либо неполные данные. Необходимость осуществления fact-checking'a, проведения аналитики, создания конкретных прикладных решений смыкают здесь отраслевую науку с современными информационными технологиями и потребителем (например, для медицины в лице больниц). Для достижения заявленных целей также будет использована «базовая платформа цифровой трансформации», так как применение различных зарубежных решений на российском рынке является практически невозможным.

Состыковка различных научных отраслей занимает длительное время (несколько лет), и требует совместных усилий.

### **Список литературы:**

1. Dr. Hood L. Systems Biology and P4 Medicine: Past, Present and Future. 2013.
2. Buzun N., Korshunov A. Innovative Methods and Measures in Overlapping Community Detection // Proceedings of the International Workshop on Experimental Economics and Machine Learning (EEML 2012). Brussel, Belgium.
3. Коршунов А., Белобородов И., Бузун Н., Аванесов В., Пастухов Р., Чихрадзе К., Козлов И., Гомзин А., Андрианов И., Сысоев А., Ипатов С., Филоненко И., Чуприна К., Турдаков Д., Кузнецов С. Анализ социальных сетей: методы и приложения // Труды Института системного программирования РАН. 2014. Т. 26, № 1. С. 439–456. DOI: [https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2014-26\(1\)-19](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2014-26(1)-19)

4. Gliner V., Keidar N., Makarov V., Avetisyan A. I., Schuster A., Yaniv Y. Automatic Classification of Healthy and Disease Conditions from Images or Digital Standard 12-Lead Electrocardiograms // Scientific Reports. 2020. Vol. 10, No. 1. DOI: 10.1038/s41598-020-73060-w

5. Андреев П. К., Ананьев В. В., Макаров В. А., Карпулевич Е. А., Турдаков Д. Ю. Диагностика гипертрофий левых отделов сердца с помощью глубокой нейронной сети // Труды ИСП РАН. 2020. Т. 32, вып. 4. С. 141–154.

6. Shmid A., Mkrtumyan A. Remote Noninvasive Detection of Carbohydrate Metabolism Disorders by First-Lead ECG Screening in CardioQVARK Project // Proc. of the International Conference on Actual Problems of Systems and Software Engineering (APSSE). 2019. P. 139–145. DOI: <https://doi.org/10.1109/APSSE47353.2019.00025>

7. Березин А. А., Новиков Р. С., Новопашин М. А., Позин Б. А., Шмид А. В. Применение метода неинвазивного оценивания нарушений углеводного обмена при скрининге населения // Труды ИСП РАН. 2020. Т. 32, вып. 5. С. 121–130. DOI: [https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2020-32\(5\)-9](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2020-32(5)-9)

## «АКТГ-ЭКТОПИЧЕСКИЙ СИНДРОМ: НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ»

**Гринева Е. Н.,**  
**д. м. н., профессор, директор института эндокринологии**  
**ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России**  
**НЦМУ «Центр персонализированной медицины»**

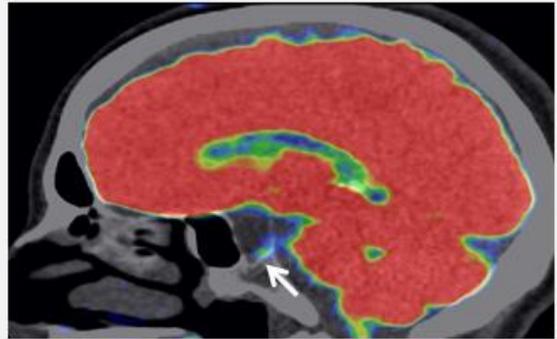
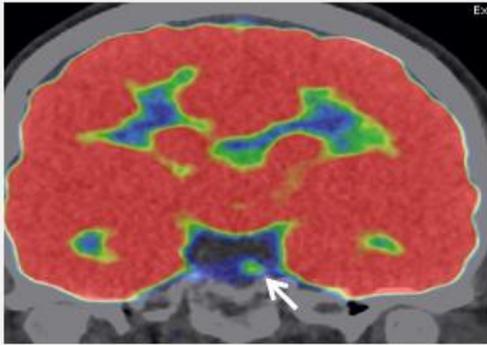
АКТГ – это гормон гипофиза, который в норме им продуцируется, но АКТГ могут продуцировать некоторые опухоли гипофиза и так называемые нейроэндокринные опухоли, которые могут находиться в любом месте нашего

организма. АКТГ при избыточном количестве, стимулирует надпочечники к выработке огромного количества кортизола, а кортизол, когда его очень много – это гормон, который разрушает все. У больного возникает тяжелая клиническая симптоматика. Ситуация осложняется не только тем, что это тяжелый больной и у него высокий риск смерти, но и тем, что источником АКТГ продукции является нейроэндокринная опухоль, которая часто бывает злокачественной.

Найти или доказать наличие гиперкортицизма не сложно, но найти источник этой гиперпродукции, ту самую нейроэндокринную опухоль – очень трудная задача. Иногда между началом симптомов и находкой этого образования, проходит 5-7 лет. Иногда больной не дожидается этого и умирает. Поэтому важно очень быстро и четко работать, чтобы найти этот источник – нейроэндокринную опухоль.

Источником АКТГ продукции может быть гипофиз, соответственно первый диагностический тест – это МРТ гипофиза. Если на МРТ новообразование в гипофизе довольно большое 6-8 мм, то тогда мы считаем, что симптомы пациента связаны с аденомой, и направляем к нейрохирургу, хирург выполняет аденомэктамию.

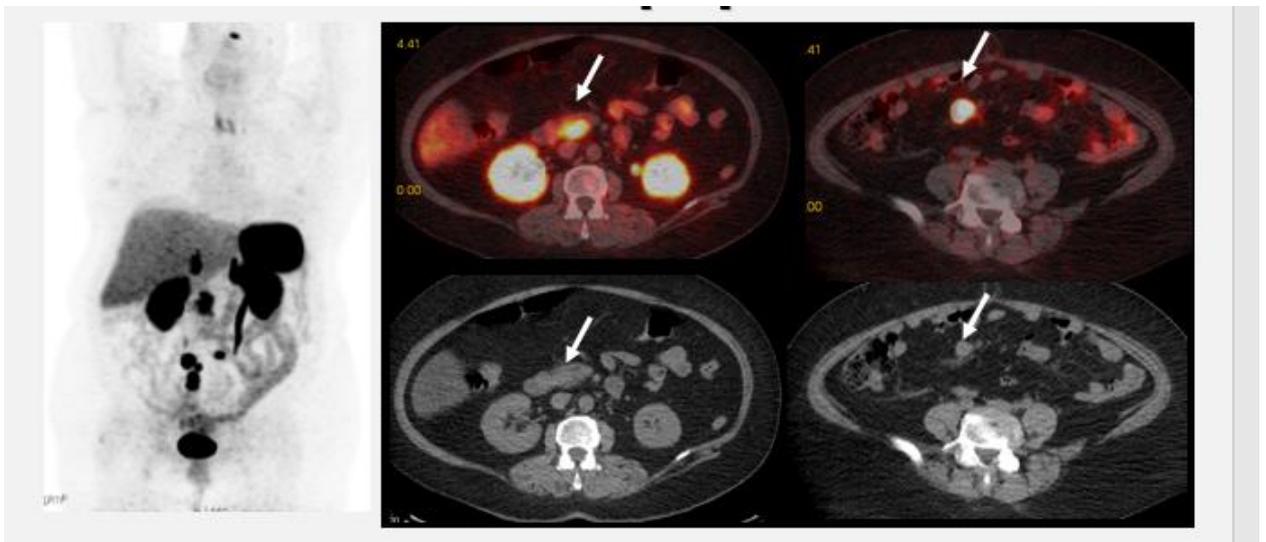
Если образование маленькое или оно вообще не визуализируется, то мы должны доказать, что возможно оно есть в гипофизе. Для этого выполняется катетеризация нижних каменистых и пещеристых синусов. Катетеризация нижних каменистых синусов в некоторых центрах в России выполняется, но мы дополнительно к этим синусам, катетеризируем еще пещеристые синусы, что значительно увеличивает точность диагностики. Позволяет сказать наверняка, что образование, которое является источником АКТГ, находится в гипофизе. Но проблема состоит в том, что даже если мы по катетеризации доказали, что источником гиперпродукции АКТГ является гипофиз, то если нейрохирург не видит этого образования, ему сложно оперировать. Поэтому, когда образование не визуализируется на МРТ, дополняем это ПЭТ с глюкозой, которая позволяет его выявить.



**ПЭТ позволяет обнаружить опухоль гипофиза в тех случаях, где стандартные методы диагностики (МРТ, КТ) не информативны**

*Рис. 1. АКТГ-продуцирующая микроаденома гипофиза у пациентки с синдромом пустого турецкого седла*

И на первый, и на второй способ у нас получены патенты на изобретение. Если по данным катетеризации оказалось, что образование находится где-то вне гипофиза, чтобы его найти выполняется ПЭТ КТ с галием 68 и меченым DOTA пептидами (Рис.2).



*Рис. 2. ПЭТ-КТ с [68Ga]-DOTA NОС. НЭО головки поджелудочной железы, эктопический АКТГ-синдром, метастазы в мезентериальные лимфатические узлы и печень*

Нейроэндокринная опухоль экспрессирует соматостатиновые рецепторы и галлий совместно с DOTA пептидами позволяют визуализировать эту опухоль. На рис. 2 вы видите, что здесь образование не только в поджелудочной железе, но и в рядом расположенных лимфоузлах. Хирург уже

может планировать лечение и объем операции. Кроме этого, это исследование позволяет планировать и дальнейшую терапию аналогами соматостатина. Таким образом, этот жесткий алгоритм, позволяет за очень короткое время найти образование и его прооперировать. Это модель, которую можно использовать и при других нейроэндокринных опухолях.

## «АГРОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ И ДОЛГОЛЕТИЯ»

**Хлесткина Е. К.,**

**директор**

**ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр**

**Всероссийский институт генетических**

**ресурсов растений имени Н.И. Вавилова**

**НЦМУ «Агротехнологии будущего»**

**Заварзин А. А.,**

**заместитель директора**

**ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр**

**Всероссийский институт генетических**

**ресурсов растений имени Н.И. Вавилова**

**НЦМУ «Агротехнологии будущего»**

Научный центр мирового уровня «Агротехнологии будущего» – единственный центр в рамках направления развития агронаук и наук о растениях среди научных центров мирового уровня, выполняющих исследования и разработки по приоритетам научно-технологического развития, созданных в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 30 апреля 2019 г. No 538 "О мерах государственной поддержки создания и развития научных центров мирового уровня". В консорциум объединились ведущие профильные исследовательские и образовательные организации для формирования системного подхода к исследованиям в области современных агронаук.

- Инициатором создания Консорциума и головной организацией выступает Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева – главный аграрный университет России, научная

организация с вековыми традициями в области сельского хозяйства. В составе Консорциума:

- Санкт-Петербургский государственный университет – один из ведущих классических университетов страны,
- ФИЦ центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) – обладатель всемирно известной коллекции биологических ресурсов растений,
- Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии (ВНИИСХМ) и ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева» – ведущие научные организации страны в области плодородия почв,
- ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук», объединяющий компетенции в области биоинженерии растений, микробиологии и биотехнологии,
- ФИЦ «Информатика и управление» РАН – признанный эксперт и ведущий разработчик крупных проектов в области информационных технологий, систем обработки больших данных и искусственного интеллекта.

Программа НЦМУ «Агротехнология будущего» направлена на решение задач в рамках двух приоритетов Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации

- А – Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам,
- Г – Переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству.

Состав консорциума и реализуемая консорциумом программа позволяют осуществить системный подход, затрагивающий все ключевые аспекты агронаук от управления плодородием почвы до технологий переработки и создания конечных продуктов сельского хозяйства. Пять направлений центра включают:

1. Агробиотехнологии управления плодородием почв России в интересах высокопродуктивного земледелия минимального экологического риска;
2. Ускоренная селекция высокоурожайных и устойчивых сортов и гибридов растений, обладающих заданными характеристиками качества;
3. Новые цифровые технологии в сельском хозяйстве;

4. Технологии переработки и валоризации малоценного сельскохозяйственного сырья и отходов агропромышленного комплекса;

5. Создание безопасных, качественных, функциональных кормов и продуктов питания.

Одним из ключевых объектов работ НЦМУ «Агротехнологии будущего» является вопрос плодородия почв – системный анализ ключевых аспектов плодородия почвы, разработка технологий мониторинга состояния почв и управления плодородием с использованием биологических агентов. В рамках направления на основе анализа совокупности больших данных полевых исследований почв и применения методов дистанционного зондирования разрабатываются и апробируются методики построения предикативных моделей плодородия почв по распределению микроэлементов и дистанционного детектирования деградации почв. Результаты изучения почвенного микробиома и активности их различных микробных компонентов используются в разработке технологий улучшения свойств за счет микробных препаратов и биоактивные удобрения (Рис. 1).

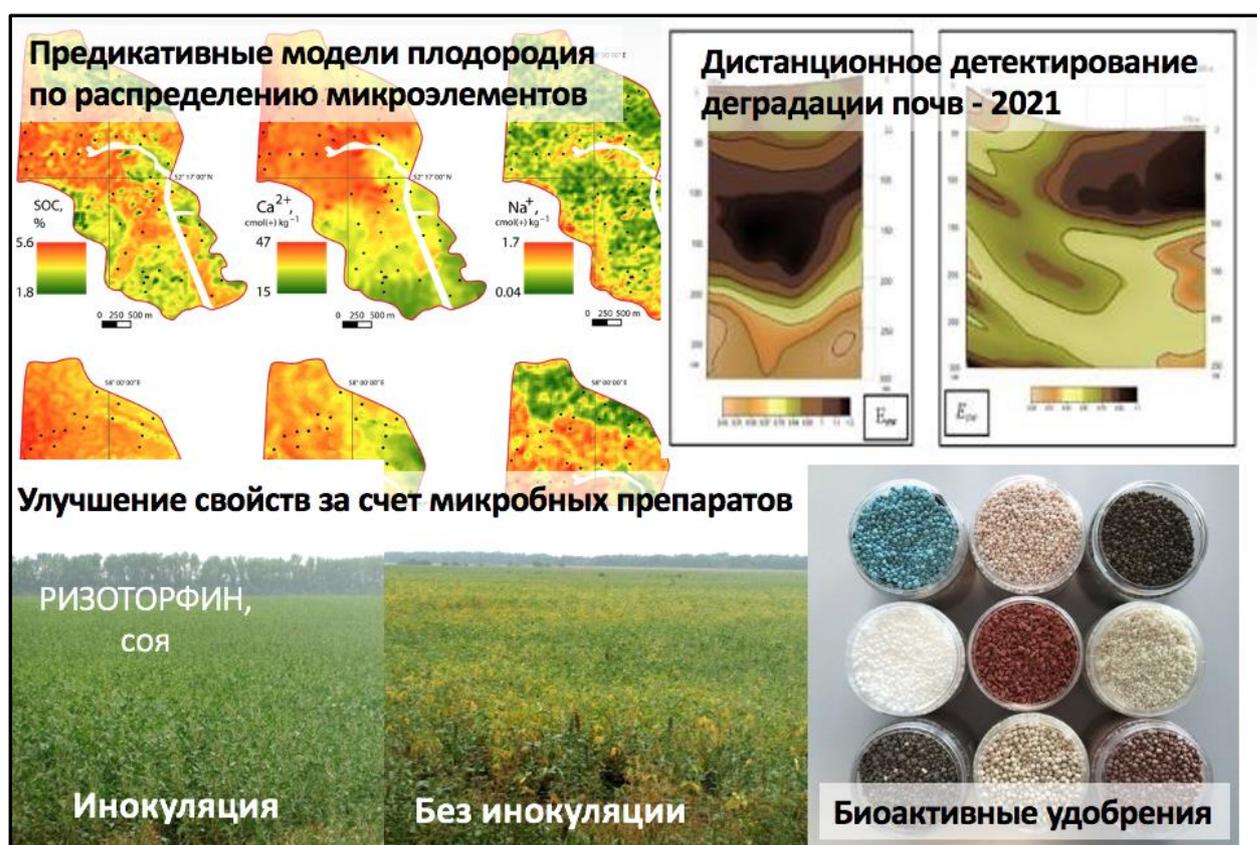


Рис. 1. Направления работ НЦМУ «Агротехнологии будущего» в области оценки и улучшения плодородия почв

Важный акцент работы НЦМУ «Агротехнологии будущего» - разработка инновационных технологий по всему спектру вопросов современных агронаук для практического использования непосредственно в

растениеводстве, в оценке и прогнозировании пищевой ценности продукции, в переработке отходов сельскохозяйственной отрасли, в создании новых продуктов с высокой добавленной стоимостью, в организации системного управления растениеводством и сельским хозяйстве в целом (Рис. 2).



Рис. 2. Примеры разработки технологий в рамках реализации программы НЦМУ «Агротехнологии будущего»

При этом в основе всех направлений НЦМУ «Агротехнологии будущего» лежит задача мобилизации генетических ресурсов растений и микроорганизмов, источником которых являются крупнейшие бироресурсные

коллекции. В распоряжении российских ученых (и участников НЦМУ, в частности) имеются две таких крупнейших коллекции –

- Мировая Вавиловская коллекция культурных растений и их диких родичей ВИР, являющаяся первым научным генетическим банком культурных растений в мире и одним из 5 крупнейших генбанков планеты, включающем более 320 тысяч образцов культурных растений и их диких родичей, и

- Коллекция сельскохозяйственных микроорганизмов ВНИИСХМ на базе уникального роботизированного криохранилища, насчитывающая более 7000 штаммов, используемых (или перспективных для использования) в таких областях, как защита растений, пищевая биотехнология, растениеводство, земледобрение, животноводство

– практически неисчерпаемые источники для генетических исследований, применения и развития генетических технологий и обеспечения материалом для селекционных и биотехнологических программ разного уровня.

Задачи мобилизации генетических ресурсов растений и микроорганизмов, формирующей единую систему, реализуются по направлениям:

- Раскрытие наследственного потенциала культур для использования в селекции в первую очередь ржи и других зерновые культуры).

- Инвентаризация и изучение особенностей диких родичей культурных растений - выявление особенностей и признаков для использования в селекции.

- Изучение механизмов генетического регулирования роста растений и их частей с возможностью усиления потенциала новых культур.

- Выявление генетических механизмов устойчивости к различным биотическим и абиотическим стрессорам, синтеза групп и конкретных соединений растениями.

- Выявление молекулярно-генетических маркеров качественных и количественных признаков.

- Выявление симбиотических и эндофитных микроорганизмов и генетических механизмов регуляции их взаимодействия с растениями.

- Выявление генов, ответственных за регулирование симбиотических отношений в первую очередь на примере растений гороха и клубеньковых бактерий.
- Развитие и применение методов функциональной метаболомики.

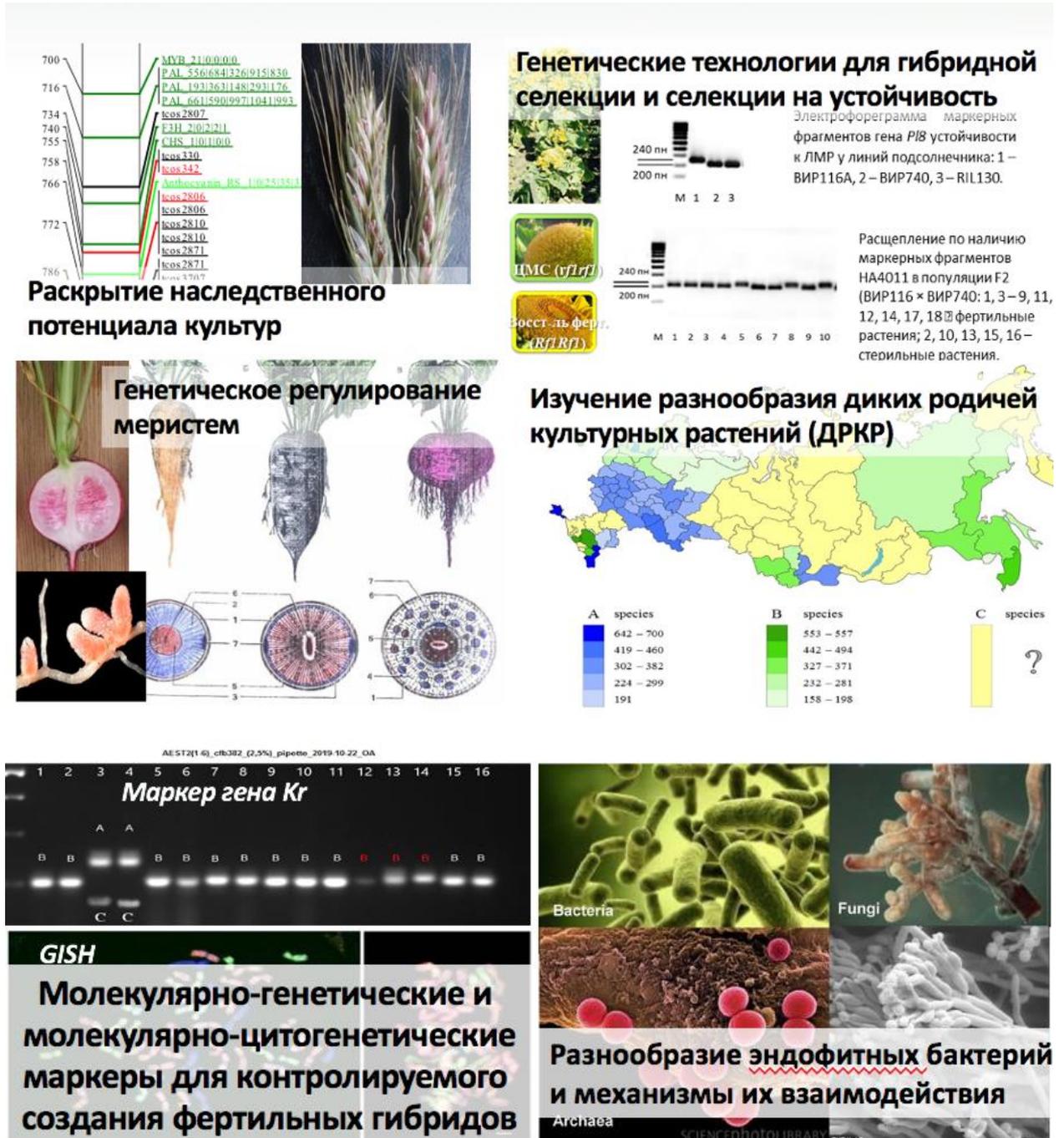


Рис. 3. Примеры исследований НЦМУ «Агротехнологии будущего» по мобилизации генетических ресурсов растений (1)



Рис. 4. Примеры исследований НЦМУ «Агротехнологии будущего» по мобилизации генетических ресурсов растений (2)

В конечном итоге перечисленные выше исследовательские направления даже уже в сроки непосредственной реализации проекта создания и развития НЦМУ «Агротехнологии будущего» позволят осуществить, по крайней мере, в качестве модельных решений, такие задачи как:

- Создание новых устойчивых к разным стрессорам сортов и гибридов культурных растений;

- Создание сортов культурных растений для получения новых или специализированных функциональных продуктов;
- Создание конвейеров сортов для обеспечения занятости промышленных предприятий переработки растительного сырья;
- Внедрение в сельскохозяйственную практику новых культур и тем самым расширение разнообразия возделываемых сельскохозяйственных культур в России.

В рамках НЦМУ «Агротехнологии будущего и сопутствующих проектов участников консорциума реализуются, в том числе, такие передовые задачи, соответствующие ведущим мировым трендам агротехнологии, как:

1. Возвращение локального сортимента, приспособленного к экологически чистому возделыванию в конкретных регионах, и расширение разнообразия возделываемых культур, использование особых свойств продукции редких и «незаслуженно забытых» культур с полезными диетическими свойствами, таких как, например, полба и других зерновых, зернобобовых, крупяных, овощных культур,

2. Выявление источников природных биологически активных веществ – как, например, широкий скрининг химического состава редких культур, поиск образцов генетических ресурсов для создания природных пищевых добавок и т.п.,

3. Изучение генетических механизмов регуляции накопления различных соединений и, в том числе, биофлавоноидов и каротиноидов и разработка современной стратегии создания новых сортов овощных культур с кардинально улучшенными свойствами на базе естественных форм коллекции генетических ресурсов растений,

4. Создание и внедрение в производство «цветного» зерна (зерна богатого биофлавоноидами), показавшего на модельных экспериментах целый ряд полезных воздействий на организм млекопитающих (нейропротекторные, противоопухолевые и другие профилактические свойства),

5. Решение задач по «прижизненному формированию свойств растительного сырья» для энерго- и ресурсосберегающих промышленных технологий переработки такого сырья (а также для экологизации переработки), в том числе с использованием генетических технологий.

В конечном итоге вся совокупность исследовательских программ НЦМУ «Агротехнологии будущего», опирающаяся на мобилизацию

генетических ресурсов растений и развитие технологий их использования, направлена на обеспечение здоровья и долголетия человека и поддержание качества среды его обитания (Рис. 5). Работы осуществляются на стыке биологии растений, физиологии человека и модельных животных, биомедицины, диетологии и таких направлений, как нутригеномика. Эти фундаментальные исследования закладывают основу новых направлений селекции для диетического и функционального питания, краеугольным камнем чего, несомненно, является генетическое разнообразие продовольственных культур, сохраненное в коллекции, поскольку генетический потенциал современных сортов и гибридов массового пользования, находящихся в крупном сельскохозяйственном производстве, явно недостаточен для получения продуктов диетического назначения - продукты с природным составом без каких-либо синтетических добавок или химических модификаций. Потенциал проводимых исследований в заданном направлении будет более полно реализован при сопряжении исследований в рамках НЦМУ «Агротехнологии будущего» с исследовательскими направлениями научных центров мирового уровня медицинского направления. Использование технологий искусственного интеллекта при обработке больших данных могут соединить данные медицинских исследований и индивидуальных физиологических параметров человека с данными химического состава разных видов пищевых продуктов растительного происхождения для подбора индивидуальных диетологических рекомендаций и формирования запросов на соответствующие направления селекции.



Рис. 5. От персонализированной медицины к персонализированному питанию и персонализированной селекции

Программа создания и развития научных центров мирового уровня – важная и нужная инициатива, стимулирующая взаимодействие между разными организациями и научными группами, не ограниченная узкими рамками конкретных исследовательских проектов, являющаяся гибкой в части корректировки содержания по мере получения результатов, и направлена именно на развитие научных исследований и научной кооперации. Программа безусловно заслуживает продолжения после 2024 года, в том числе, для стимулирования междисциплинарных проектов, уже вырисовывающихся между разными НЦМУ.

## «РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕДИЦИНЕ»

Копылов Ф. Ю.,

директор Института персонализированной кардиологии

НЦМУ «Цифровой биодизайн и

персонализированное здравоохранение»

В настоящее время тема искусственного интеллекта является очень актуальной и одной из самых обсуждаемых на многих медицинских и не медицинских симпозиумах и конгрессах.

К сожалению, говоря об искусственном интеллекте, далеко не все правильно понимают, о чем идет речь. Искусственный интеллект для медицины — это собирательное понятие, которое базируется на разных методах машинного обучения. Мы получаем различные технологии, которые можно использовать в разных направлениях медицины, например, в диагностике, подборе терапии, отладке сложных процессов, где нужно обработать большое количество данных.



Рис.1. Роль искусственного интеллекта в медицине

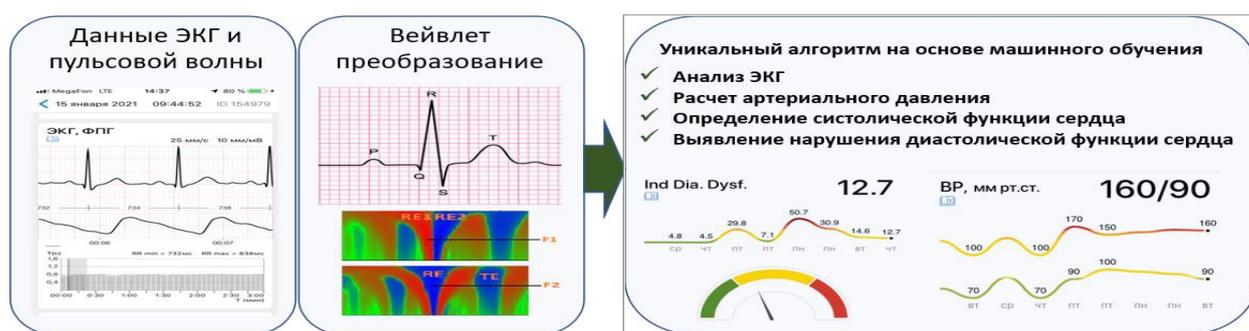
В искусственном интеллекте можно выделить 2 основных больших направления — это обработка изображений или обработка сигналов, которые

мы имеем или которые можем получить. Это относится не только к кардиологии, но и к другим областям медицины. Нами разработаны различные алгоритмы на основе машинного обучения и элементов искусственного интеллекта.

В настоящий момент основное внимание уделяется обработке имеющихся сигналов. Например, в кардиологии, мы можем рассматривать электрокардиограмму (ЭКГ) и пульсовую волну. На базе этих, сравнительно легко получаемых сигналов, сейчас основано очень много работ.

Мы развиваем подобные технологии по нескольким направлениям. Основой является регистрация одноканальной ЭКГ, которая доступна не только в медицинских центрах.

С помощью мобильного телефона и других устройств, например, часов, мы можем получать различные сигналы, в том числе ЭКГ и пульсовую волну. Это открывает возможность совершенно нового подхода в медицине, позволяет расширить границы больницы или госпиталя до дома, работы или любого другого места, где находится человек. Обработка сигнала и получение данных, которые релевантны для врача при принятии решения, открывает совершенно новую страницу в медицине. Появилась возможность наблюдать за пациентом не только, когда он лежит на койке или пришел на прием к врачу.



*Рис. 2. Мониторинг показателей гемодинамики при помощи персонального регистратора ЭКГ и пульсовой волны*

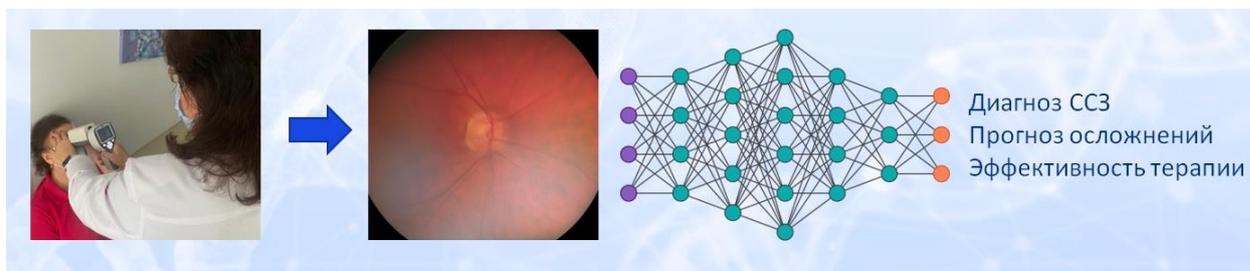
Мы создали алгоритм для расчета безманжеточного артериального давления, а также алгоритмы для расчета систолической и диастолической функций сердца, что позволяет отслеживать начало развития сердечной

недостаточности и оценивать пациентов в динамике. Данная методика позволяет совершенно по-новому посмотреть на диагностику и подбор терапии пациентам с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Всем известно, что пациенты с сердечно-сосудистыми заболеваниями в социальном плане — это самая большая группа пациентов, которая вносит существенный вклад в смертность в нашей стране.

Немаловажным является изменение качества жизни пациентов. Они находятся под врачебным контролем постоянно, даже не находясь в самом медицинском учреждении.

Еще один пример использования созданных нами алгоритмов для контроля качества жизни при проведении лечения — это пациенты, которые начинают химиотерапевтическое лечение. Частота осложнений со стороны сердечно-сосудистой системы у таких пациентов высокая. Технологии позволяют оценивать показатели, которые обычно определяются с помощью ультразвука. Дистанционное наблюдение пациентов после химиотерапии позволяет пациенту оставаться дома и одновременно находиться под контролем врача.

Мы продолжаем работу с изображениями. Разрабатывается алгоритм по диагностическим и прогностическим параметрам сердечно-сосудистых заболеваний с помощью изображений глазного дна. На сегодняшний день уже создана нейросеть, которая позволяет автоматически изучать картину глазного дна и измерять артерии. На базе полученных данных создается калькулятор риска и диагностических тестов.



*Рис. 3. Алгоритм сердечно-сосудистых заболеваний с помощью изображений глазного дна*

### **Кейс 1.**

Алгоритм для расчета безманжеточного артериального давления демонстрирует разницу менее 3х мм рт.ст. по сравнению измерением с помощью ртутного тонометра. Результаты опубликованы в журнале Sensors [2].

Точность алгоритмов, разработанных на базе нашего центра, для определения систолической и диастолической функций сердца составляет порядка 90%.

### **Кейс 2.**

Совместно с компанией CardioQVARK создано кресло, которое позволяет передавать кардиограмму дистанционно. Нами создан пилотный проект на Дальнем Востоке. На Сахалине пациенты могут зарегистрировать ЭКГ, которая расшифровывается в Москве и отправляется обратно.

*Рис.4 Чехол для телефона и Кардиокресло «CardioQVARK»*



### **Список литературы**

1. Johnson K. W., et al. J Am Col Cardiol. 2018. Vol. 71. P. 2668–2679.
2. Sagirova, et al. Sensors. 2021. Vol. 21. 3525. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21103525>

# «АКТУАЛЬНОСТЬ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КАРДИОЛОГИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ»

**Костарева А. А.,  
Директор Института молекулярной биологии и генетики,  
доцент кафедры внутренних болезней  
Института медицинского образования Центра Алмазова, д.м.н.  
НЦМУ «Центр персонализированной медицины»**

Исследования в области кардиологии решают сразу несколько задач. Это задачи как широкого профиля: популяционные генетические скрининги, так и задачи редких малоизученных генетически обусловленных патологий. Предпосылками для формирования этого спектра исследований служило мощное технологическое развитие всех генетических ресурсов, которое произошло за последние 10 лет. Сегодня и в области онкологии, и в области сельского хозяйства постоянно упоминают технологии единого редактирования и секвенирования и точечного поиска мутаций и предикций. Этот технологический взрыв в области генетики привел к тому, что и в медицине эти исследования очень широко применяются. И сегодня идет активный поиск тех ниш в практическом здравоохранении, где эти фундаментальные исследования могут быть применимы, причем могут быть и клинически очень эффективны, и экономически очень эффективны. И прежде всего это конечно широкие предиктивные скрининги врожденных рисков полигенных факториальных заболеваний.

Сегодня можно с помощью не инвазивных технологий продуцировать изменения влияния химеотерапии на сердечно-сосудистую систему. Для этого необходимо иметь общую карту, которую мы имеем по нашей популяции и те международные детерминанты, которые сегодня уже известны и показаны применять на российской популяции. С учетом очень широкого этнического

профиля в нашей стране и отсутствие долгое время этих технологий, мы имеем сегодня недостаток генетической информации общего профиля о том, какие есть генетические детерминанты нашей популяции. В рамках нашего центра мирового уровня один из проектов посвящен созданию широких баз данных на основе популяционных исследований для расчета кардиологических рисков полигенных мульти факториальных заболеваний. Это предикции, где мы индивидуально можем увидеть тех пациентов, у которых повышен риск развития той или другой сердечно-сосудистой патологии и более таргетно заниматься профилактикой в этих группах.

Другой очень важной задачей в рамках кардиологических исследований нашего центра является исследование причин редких моногенных генетически детерминированных заболеваний, то есть это та группа заболеваний, где один ген и поломка в нем ведет к развитию одной конкретной болезни. Среди таких заболеваний, чаще всего мы говорим о врожденных нарушениях ритма проводимости, сердечной недостаточности и семейной наследственной гиперхолестеринемии, которая раньше считалась одним из редких факторов развития атеросклероза, а сегодня все чаще и чаще приводит к формированию сердечно-сосудистой патологии.

Исследования таких моногенных причин позволяет принести эту диагностику в широкую клиническую практику и разработать оптимальные алгоритмы этой диагностики, наиболее экономически и генетически эффективные, а впоследствии на их основе найти таргетные подходы к терапии. Они тоже являются очень важной задачей нашего научного центра мирового уровня. Для этого надо создавать большие базы данных таких заболеваний и на основе этих детектированных мутаций переходить к молекулярному и клеточному моделированию. Это следующая задача: поиск таргетных подходов к терапии или поиск тонкого патогенеза этих заболеваний на основе изучения молекулярных клеточных подходов. Это уже не широкие популяционные скрининги, это высоко технологичные исследования на уровне клеточных и генетических технологий, собственно, в лаборатории, что

и дает этот стык клинической и фундаментальной медицины. И в итоге, мы рассчитываем, что эти исследования могут быть применимы для создания новых генно-терапевтических препаратов, что сегодня является очень мощным трендом как вообще в медицине, так и в кардиологии.



Рис. 1. Молекулярное и клеточное моделирование патологических процессов

Если говорить о создании рисков мульти факториальных заболеваний, то здесь у нас есть достаточно большие достижения за первых 2 года:

- Созданы большие наблюдательные когорты с углубленным генотипированием.
- Проведено широкое генотипирование.
- И есть уже определенные шкалы, которые апробированы с расчетом рисков в нашей российской популяции.

Если говорить о моногенных исследованиях, то важным практическим направлением является не просто детекция генетических вариантов, но и создание центров внутри страны, которые умеют работать с этой генетической информацией и вести таких редких пациентов с наследственно обусловленными вариантами заболеваний, в частности семейной

наследственной гиперхолестеринемии. Карта (рис.2), которая показывает создание центров наследственных гиперлипидомических центров, которые под эгидой нашего центра мирового уровня внедряют те современные подходы, которые сегодня есть в практическом здравоохранении как раз в регионах.



*Рис. 2. Карта новых Липидных центров в РФ как этап проекта по созданию центров управления высокими СС рисками*

Если говорить о фундаментальных молекулярных исследованиях кардиологии, то это не просто поиск генетических причин, что сегодня, доступно во многих центрах. Это комплексная расшифровка и с учетом данных метаболомного исследования, и с учетом данных эпигенетических исследований транскриптомных и биоинформатического моделирования. И именно создание комплексного подхода, позволяет, и выявить новые уникальные заболевания и выявить новые гены, которые приводят к развитию редких наследственных заболеваний.

Очень важным направлением работы нашего центра является создание банка индуцированных плюрипотентных клеток, которые сегодня в кардиологии, являются единственной релевантной моделью для исследований генетически обусловленных заболеваний на клеточном уровне. Здесь не только создаётся база данных, и создаются модели этих клеточных линий, они используются для тонкого изучения фундаментальных молекулярных

механизмов, которые приводят к развитию тех самых генетически обусловленных заболеваний, которые мы детектируем в рамках уже перечисленных ранее задач. Это комплексный подход от больших скринингов к молекулярным детерминантам, которые обеспечивают заболевания у пациента, к клеточным исследованиям и поиску уже следующих подходов для генной терапии.

Сегодня генная терапия очень активно внедряется и в кардиологию. Мы знаем большое количество препаратов к семейной наследственной гиперхолестеринемии, в кардиомиопатиях. В рамках нашего центра, мы сосредоточили свои работы на исследовании такого редкого заболевания, как синдром Барта, который поражает в основном детей раннего возраста. И мы рассчитываем, на примере этого заболевания и путем создания прототипа препарата, разработать форму и технологические подходы для внедрения генной терапии при генетически обусловленных заболеваниях в нашей стране. Все это вместе – от широких генетических скринингов до создания генно-терапевтических подходов, мы считаем, будет являться той базой, которая может быть внедрена в практическое здравоохранение и в крупных городах, и в регионах, начиная от таких центров по лечению генетически обусловленных заболеваний, до создания подхода генной терапии, которая в ближайшем будущем будет вполне возможна.

## «СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ В ОНКОЛОГИИ: «ЦИФРОВОЙ ПАЦИЕНТ»

**Секачева М. И.,  
директор Института персонализированной онкологии,  
НЦМУ «Цифровой биодизайн и персонализированное  
здравоохранение»**

Сегодня наблюдается тенденция к росту стоимости лечения онкологического больного – предполагается, что к 2023 году затраты на онкологические заболевания превысят 240 миллиардов долларов, а рост стоимости лечения онкологического больного будет увеличиваться примерно на 10% в год [1].



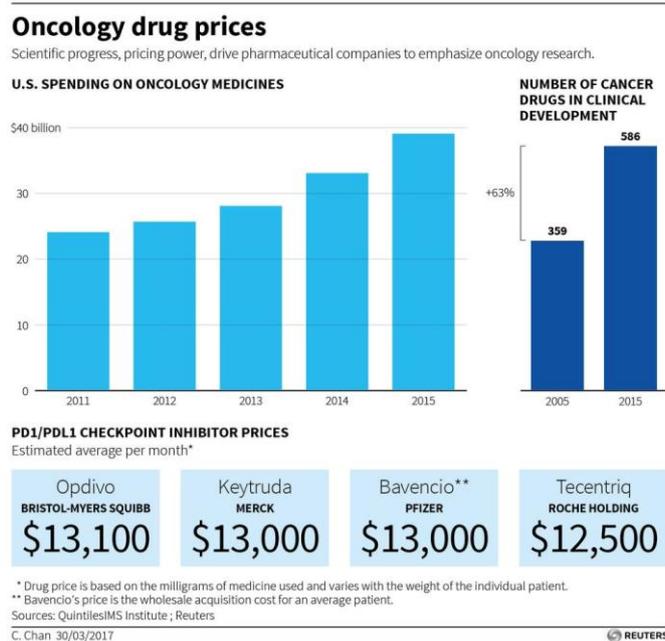
Source: IQVIA Institute, Apr 2019

Chart notes: Therapeutic oncologics include those classified by EphMRA (European Pharmaceutical Market Research Association) as cytotoxics in the L1 or L2 classes, as well as radiotherapeutics (V3C) and specific molecules classified elsewhere but used primarily in cancer (lenalidomide, aldesleukin, pomalidomide). Supportive care includes anti-nauseants and cancer detox agents (A4A and V3D), erythropoietins (B3C), GM-CSF white blood cell boosters (L3A), other interferon therapies used in cancer (L3B excluding multiple sclerosis drugs), and bisphosphonates used to prevent bone metastases (M5B4).

Report: Global Oncology Trends 2019 – Therapeutics, Clinical Development and Health System Implications. IQVIA Institute for Human Data Science, May 2019

*Рис. 1. Тенденции стоимости лечения онкологического больного*

Стоимость лекарственных препаратов в онкологии предполагает наиболее взрывной рост на фармацевтическом рынке – практически в два раза будет расти потребление и необходимость оплаты таких препаратов. Одно введение современных, чрезвычайно эффективных иммуноонкологических препаратов – за них в 2018 году присуждена Нобелевская премия по медицине и физиологии – стоит около 10 тысяч долларов, и в силу эффективности и влияния на продолжительность жизни требуется большое количество введений таких препаратов пациенту с запущенной стадией заболевания.



*Рис. 2. Стоимость иммуноонкологических препаратов*

Первое направление, которое может помочь снизить затраты – ранняя диагностика, когда возможно полное излечение, а используемые методы являются низкозатратными. Одна из разработок НЦМУ – алгоритм ранней диагностики онкологических заболеваний на основе машинного обучения, который позволил с точностью около 90% предсказывать риск рака легких, молочной железы, мочевого пузыря и колоректального рака в исследовании с участием более 400 пациентов [3]. На сегодняшний день наша разработка вошла в 100 лучших изобретений России по версии Роспатента и попала в финал конкурса Агентства стратегических инициатив Смарттека: AI&Data. При подаче документов в Росздравнадзор для регистрации как медицинского изделия, мы столкнулись с отдельной большой проблемой – огромной зарегулированностью доступа непосредственно к клинической практике. Конечно, с одной стороны хорошо, что наши пациенты защищены, но с другой – это сильно тормозит внедрение последних разработок для лечения пациента.

Второе направление – персонализированная онкология. На основании генетических данных и особенностей клинического течения мы можем

выбрать наиболее оптимальный путь для пациента [4-8]. Также это отражается на экономике. К примеру, в исследовании больных с раком легкого обнаружена высокая активность некоторых препаратов при наличии определенных мутаций, а назначение препарата по результатам молекулярного тестирования снижает стоимость лечения в 3 раза. Подобных препаратов много и еще не для всех найдены эффективные мишени. В Институте персонализированной онкологии для одного из таких препаратов – сорафениба – обнаружен набор генетических сведений опухоли, предсказывающий 90%-ю эффективность его назначения при раке почки. Мы прогнозируем, что это снизит расходование средств в 3 раза и, кроме того, снизит частоту побочных эффектов препарата.

Мы предполагаем, что создание цифрового двойника онкологического пациента, который суммирует клинические данные, данные окружающей среды, молекулярные данные, цифровую патоморфологию, данные визуализации для создания комплексной поддержки принятия врачебного решения поможет в клинической практике и принятии административных экономических решений. Одна из наших работ – модель выживаемости пациентов с раком легкого – позволяет показать в динамическом режиме как изменение молекулярного профиля и клинических данных пациентов меняет сценарий развития онкологического заболевания на ближайшие 5 лет.

Еще одна крайне перспективная работа - разработка алгоритма прогноза течения онкологически заболеваний на основе фонда ОМС совместно с Институтом системного программирования. Мы создаем модель прогнозирования эффективности иммуноонкологических препаратов на основании нейросетевой обработки изображений, алгоритмы предиктивности таргетной терапии, автоматизации диагностики опухоли при помощи компьютерного зрения, заняты усовершенствованием моделей предсказания риска развития онкологических заболеваний.

### **Список литературы:**

1. New Cancer Drugs Can Cost More Than \$250,000 a Year. URL: <https://www.businessinsider.com/r-the-cost-of-cancer-new-drugs-show-success-at-a-steep-price-2017-4>
2. Global Oncology Trends 2019 Therapeutics, Clinical Development and Health System Implications // Institute Report. 2019. URL: <https://www.iqvia.com/insights/the-iqvia-institute/reports/global-oncology-trends-2019>
3. Способ скринингового определения вероятности наличия рака молочной железы. URL: [https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2718272&TypeFile=html](https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2718272&TypeFile=html)
4. Lazar V., Magidi S., Girard N., Savignoni A., Martini J. F., Massimini G., Bresson C., Berger R., Onn A., Raynaud J., Wunder F., Berindan-Neagoe I., Sekacheva M., Braña I., Tabernero J., Felip E., Porgador A., Kleinman C., Batist G., Solomon B., Tsimberidou A. M., Soria J. C., Rubin E., Kurzrock R., Schilsky R. L. Digital Display Precision Predictor: the Prototype of a Global Biomarker Model To Guide Treatments with Targeted Therapy and Predict Progression-Free Survival // NPJ Precis Oncol. 2021. Vol. 5, No. 1. P. 33. DOI: 10.1038/s41698-021-00171-6. PMID: 33911192; PMCID: PMC8080819
5. Voronova V, Glybochko P, Svistunov A, Fomin V, Kopylov P, Tzarkov P, Egorov A, Gitel E, Ragimov A, Boroda A, Poddubskaya E, Sekacheva M. Diagnostic Value of Combinatorial Markers in Colorectal Carcinoma // Front Oncol. 2020. Vol. 10. P. 832. DOI: 10.3389/fonc.2020.00832. PMID: 32528895; PMCID: PMC7258084.
6. Sorokin M, Poddubskaya E, Baranova M, Glusker A, Kogoniya L, Markarova E, Allina D, Suntsova M, Tkachev V, Garazha A, Sekacheva M, Buzdin A. RNA Sequencing Profiles and Diagnostic Signatures Linked with Response to Ramucirumab in Gastric Cancer // Cold Spring Harb Mol Case Stud. 2020. Vol. 6, No. 2. a004945. DOI: 10.1101/mcs.a004945. PMID: 32060041; PMCID: PMC7133748.

7. Poddubskaya E, Bondarenko A, Boroda A, Zotova E, Glusker A, Sletina S, Makovskaia L, Kopylov P, Sekacheva M, Moisseev A, Baranova M. Transcriptomics-Guided Personalized Prescription of Targeted Therapeutics for Metastatic ALK-Positive Lung Cancer Case Following Recurrence on ALK Inhibitors // Front Oncol. 2019. Vol. 9. P. 10–26. DOI: 10.3389/fonc.2019.01026. PMID: 31681574; PMCID: PMC6803543.

8. Buzdin A, Sorokin M, Garazha A, Glusker A, Aleshin A, Poddubskaya E, Sekacheva M, Kim E, Gaifullin N, Giese A, Seryakov A, Rumiantsev P, Moshkovskii S, Moiseev A. RNA Sequencing for Research and Diagnostics in Clinical Oncology // Semin Cancer Biol. 2020. Vol. 60. P. 311–323. DOI: 10.1016/j.semcancer.2019.07.010. Epub 2019 Aug 11. PMID: 31412295.

## «ТЕХНОЛОГИИ СИЛЬНОГО ГИБРИДНОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ»

**Шичкина Ю. А., Кринкин К. В., Куприянов М. С., Буренева О. И.**

**Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)**

**НЦМУ «Павловский центр «Интегративная физиология –  
медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям  
стрессоустойчивости»**

В международной повестке исследований биомедицина является основным трендом. С сегодня стало очевидно, что физиология, нацеленная на получение новых знаний о функционировании организма в здоровье и болезни, по своей значимости должна занимать центральное место среди биомедицинских наук. Знания в этой области критически необходимы для повышения качества и продолжительности жизни, эффективности труда,

диагностических и лечебных методов снижения уровня заболеваемости. Физиология является основой медицины. Интегративная физиология, нацеленная на понимание, каким образом каждый компонент организма работает как часть, интегрированная в функционирование организма как единого целого, в здоровье и болезни – важнейшая для медицины область физиологии, ее вершина.

В 2020 году было подписано соглашение №075-15-2020-933 о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня, выполняющего исследования и разработки по приоритетам научно-технологического развития «Павловский центр «Интегративная физиология – медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости» (НЦМУ). Для реализации программы создания и развития НЦМУ был создан консорциум, в который вошли:

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологии им. И.П. Павлова Российской академии наук (ИФ РАН);
- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова Российской академии наук (ИЭФБ РАН);
- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственный научный центр Российской Федерации - Институт медико-биологических проблем Российской академии наук (ГНЦ РФ – ИМБП РАН);
- Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ "ЛЭТИ").

Сегодня мы живем в сложном мире, когда наблюдается возрастание опасности пандемий, радикальное изменение экологической обстановки, устойчивость к антибиотикам, и нагрузка на человека зачастую такая высокая,

что справиться с ней физически и психологически бывает крайне сложно. Медицина при этом не стоит на месте, она развивается интенсивными темпами и использует новейшие технологии. Но, для перехода от здравоохранения к здоровьесбережению необходимы не только прорывные результаты в отдельных областях медицины, но также в междисциплинарных исследованиях и в области интегративной физиологии. Это область, результаты исследований в которой наряду с современными цифровыми решениями и технологиями искусственного интеллекта, позволяют рассматривать человека как единую сложную систему, строить его цифрового двойника, осуществить переход к персонифицированной медицине.

Таким образом, основной задачей центра является развитие интегративной физиологии и получение новых знаний для прогресса медицины, высокотехнологичного здравоохранения и разработки технологий стрессоустойчивости. Надо отметить, что в настоящее время в мире нет организации-лидера по интегративной физиологии. Предполагается, что таким лидером станет Павловский центр «Интегративная физиология».

Основными направлениями исследований центра являются:

- неинвазивные технологии нейромодуляции двигательных и висцеральных функций человека;
- методы профилактики и лечения стресс-индуцированных заболеваний, технологии стрессоустойчивости;
- рекомендации к составу аппаратно-программного комплекса психологической поддержки космонавтов;
- новые анальгетические препараты, методы лазеротерапии для лечения болевых синдромов различной этиологии;
- препараты для терапии болезни Альцгеймера, профилактики и лечения гиперфагии и ожирения, а также пути коррекции метаболического синдрома и диабета;
- подходы для оптогенетического протезирования сетчатки глаза;

- диагностические системы на основе Искусственного интеллекта для обработки физиологических данных и сложных сигналов, характеризующих состояние организма человека, и принятия решений с помощью математического аппарата;

- усовершенствованные технологии аппаратного моделирования нейропроцессов, функций ЦНС; сконструированные модели когнитивных процессов для построения сильного искусственного интеллекта.

Миссию центра мы видим по четырем основным направлениям:

- обеспечение присутствия России в числе пяти ведущих стран мира, осуществляющих научные исследования и разработки в области биомедицины;

- разработка научно-обоснованных программ раннего вмешательства, инклюзии, активного долголетия, ассистивных технологий, средств альтернативной коммуникации;

- обеспечение перехода к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению, технологиям здоровьесбережения;

- интеграция науки и образования, популяризация научных знаний в области фундаментальных исследований.

И через все четыре направления сквозными технологиями проходят технологии искусственного интеллекта, которые прочно вошли в нашу жизнь.

Перед человечеством стоят такие важные задачи, напрямую связанные с искусственным интеллектом, как:

- переосмысление своих способностей в условиях новых технологических реальностей;

- ограниченность существующих технологий искусственного интеллекта;

- нехватка ресурсов для реализации сложных моделей реального мира на основе искусственного интеллекта, в частности.

В интегративной физиологии и медицины эти вызовы являются следствием поиска решений на такие задачи как:

- фокусирование большинства исследований во всем мире на глубинных механизмах отдельных физиологических процессов;
- необходимость понимания работы организма как единого целого;
- необходимость учета всей экосистемы человека для прогнозирования его состояния.

Процессы в сложных объектах, таких как организм человека, имеют так много явных и неявных зависимостей, что построение модели невозможно только на основе анализа данных. Противоречие между непостижимой сложностью систем и необходимостью управлять ими открывает «окно возможностей» для расширения человеческого интеллекта машинным (искусственным интеллектом) [1].

При поиске ответов на перечисленные вызовы общество сталкивается с такими барьерами как:

- отсутствие концепций развития сильного ИИ;
- отсутствие концепций развития ГИ;
- недостаток вычислительных мощностей;
- отсутствие метрик ГИ;
- отставание в настройке регуляторики;
- наличие этических проблем и проблем безопасности.

Для преодоления этих барьеров на базе ЛЭТИ действует Международный инновационный институт искусственного интеллекта, кибербезопасности и коммуникаций им. А. С. Попова (институт Попова). В области искусственного интеллекта институт Попова занимает лидирующую позицию в стране, осуществляет в этом направлении интенсивное международное сотрудничество, входит в комитеты по стандартизации в области искусственного интеллекта на мировом (ISO) и национальном (ТК164) уровнях.

В рамках этого института сегодня строится концепция создания гибридного интеллекта и весь стек технологий его реализации: от аппаратной части до прикладного программного обеспечения [2].

Для этого в рамках реализации программы НЦМУ в ЛЭТИ реализуются три основных мероприятия:

1. создание комплексной, математически обоснованной модели обеспечения интероперабельности методов обработки физиологических данных;
2. разработка моделей и методов неинвазивной регистрации параметров состояния организма, а также мобильного мониторинга и коррекции;
3. разработка технологий программно-аппаратного моделирования нейропроцессов.

ЛЭТИ уверенно позиционирует себя в области искусственного интеллекта по следующим направлениям исследования:

- фундаментальные основы сильного искусственного интеллекта;
- инновационные аппаратные решения для систем искусственного интеллекта;
- этика и безопасность применения систем искусственного интеллекта;
- прикладные технологии и решения на базе искусственного интеллекта, в том числе в физиологии и медицине.

Получение новых знаний в области интегративной физиологии для создания научно обоснованных инновационных технологий и обеспечения перехода к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения невозможно без опоры на новую концепцию гибридного интеллекта, обеспечивающую консолидацию сильных сторон методов, основанных на данных и естественного интеллекта человека [3]. Для интеллектуализации медицины и физиологии необходимо развитие коэволюционирующего гибридного интеллекта (ГИ) как симбиоза искусственного и естественного интеллектов, развивающихся взаимно, обучая и дополняя друг друга в процессе коэволюции.

Рассмотрим пример. Год 1895, начало история рентгенологии благодаря Вильгельму Конраду Рентгену, впервые зарегистрировавшему в тот год затемнение фотопластинки под действием рентгеновского излучения. С помощью рентгеновского аппарата человек получил возможность диагностировать болезнь не на ощупь, а опираясь на снимки. Это привело: 1) к развитию естественного интеллекта за счет получения новых знаний о природе болезни; 2) к пониманию, что возможности человека ограничены, он не всегда способен внимательно просматривать большое число снимков, и необходимо совершенствование системы диагностики.

На следующем этапе с помощью искусственного интеллекта была создана обучаемая система распознавания объектов на снимках. Гибридный интеллект сделал шаг вперед в своем развитии, перейдя от анализа снимков (как от набора битовых данных) к анализу объектов (как информации). Это позволило: 1) продолжить развитие естественного интеллекта за счет получения новых знаний о классификации объектов болезни, вычленения более значимых признаков, перехода к анализу и диагностике на новом уровне; 2) вовлечь в процесс разметки данных об объекте и анализа этих данных большое число специалистов в области медицины, тем самым агрегируя их знания и опыта для постановки новых задач как в медицине, так и в области ИИ, что позволяет перейти к реализации ИИ нового поколения.

Последующие шаги в коэволюции позволяют формализовывать новые задачи, охватывая не только человека, но и параметры окружающей его среды. Еще одним важным моментом является то, что сегодня ГИ находится на той стадии, когда концепций входящего в этот синтез ИИ недостаточно для развития системной медицины. И это способствует обострению проблемы объяснимости и поиску новых концепций в области интероперабельности.

Примером такой системы может быть система оценки уровня стресса на основе анализа произвольных движений подвижных звеньев конечностей человека возникающих на фоне формируемого изометрического усилия. Программно-аппаратная система съема информации о параметрах

непроизвольных движений конечностей человека, разработанная в ЛЭТИ, передает данные на вход системе ИИ. Система ИИ выявляет характерные фрагменты непроизвольных движений, свойственные человеку при определенных состояниях и неврологических заболеваниях.

На следующем этапе различные специалисты оценивают эти характерные фрагменты и сопоставляют их с отдельным и стадиями различных заболеваний, с учетом физиологических особенностей организма человека. Это позволяет контролировать и оперативно корректировать процесс лечения, совершенствовать диагностику неврологических заболеваний. Это способствует развитию естественного интеллекта за счет приобретения новых знаний в области неврологии. А для системы ИИ производится разметка данных, позволяющая на следующем этапе системе ИИ осуществлять постановку диагноза.

Кроме приведенного примера в рамках проекта НЦМУ на базе ЛЭТИ реализуется ряд прикладных проектов по применению ИИ и ГИ в медицине: в области моделирования когнитивных функций человека, анализа стресса, неврологических заболеваний, кардиологии, спортивной медицины, создания умной одежды и других областях.

Помимо этого, на базе ЛЭТИ реализуются образовательные программы совместно с ИЭФБ РАН, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, международные программы совместно с Бостоном. Проводятся международные конференции и школы ведущих исследователей в области искусственного интеллекта, физиологии и медицины. Это позволяет укреплять связи с ведущими учеными мира, привлекать их к работе над проектами, готовить молодых специалистов.

### **Список литературы:**

1. Landgrebe J., Smith B. There Is No Artificial General Intelligence, arXiv:1906.05833 [cs.AI], 28 Nov 2019

2. Krinkin K., Shichkina Y., Ignatyev A. Co-Evolutionary Hybrid Intelligence // Proceedings of V Scientific School "Dynamics of Complex Networks and their Applications". P. 122–126.

3. Krinkin K., Shichkina Y., Ignatyev A. Co-Evolutionary Hybrid Intelligence Is a Key Concept Toward the World Intellectualization // WOSC 2021 Congress Manifesto. P. 98–99.