



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY



## ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ- 2017

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ,  
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
“ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ 2017”  
ПОСВЯЩЕННОЙ ГОДУ ЭКОЛОГИИ В РФ

КРАСНОЯРСК, СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

17-21 АПРЕЛЯ 2017 Г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»**

**Проспект Свободный - 2017**

Материалы научной конференции  
посвященной Году экологии в Российской Федерации  
**17-21 апреля 2017 г.**

*Электронное издание*

Красноярск  
СФУ  
2017 г.

## **Экспериментальная физика и инновационные технологии**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОНФОРМАЦИИ ДНК АПТАМЕРА RE31 ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТОДОМ МАЛОУГЛОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО**

### **РАССЕЯНИЯ**

**Морячков Р.В.**

**Научный руководитель канд. физ.-мат. наук Соколов А.Э.**

*Сибирский федеральный университет*

Одним из фундаментальных вопросов молекулярной биологии является изучение особенностей взаимодействия между нуклеиновыми кислотами и белками, которые регулируют жизненно важные процессы в клетке. Большие усилия прикладываются к исследованию структуры ДНК аптамеров, которые ингибируют тромбин, центральный протеин гомеостаза. Гомеостаз включает в себя несколько подсистем: коагуляцию крови, антикоагуляцию и фибринолиз.

Аптамеры - это синтетические олигонуклеотиды, которые могут проявлять каталитическую активность к белкам подобно антителам, но имеют высокую специфичность и аффинность к целевым белкам, имея при этом значительно меньшие размеры, чем антитела. Кинетика связывания аптамера с биомолекулой зависит от третичной структуры, которая не следует из его первичной или вторичной структуры. Для определения третичной структуры белков обычно используется метод рентгеновской дифракции, для применения которого выращивается кристалл, чтобы создать периодическую структуру. Аптамеры же почти не поддаются кристаллизации как отдельно, так и в связке с целевым белком.

Для решения данной проблемы опробован сравнительно новый метод малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР), который показал свою пригодность в применении к белкам, и в последние годы уже появилось несколько работ по МУРР на аптамерах на основе ДНК и РНК [1]. Метод не требует кристаллизации образца, так как применим к образцам в растворе.

Метод МУРР позволяет определить конформационные параметры биоконъюгатов, такие как: радиус инерции молекулы, максимальный поперечный размер, молекулярная масса, объём общей электронной оболочки молекулы, доменную структуру, а также позволяет определить третичную структуру аптамера.

В данной работе представлено исследование конформации ДНК аптамера RE31 (5'-TGACGTAGGTTGGTGTGGTTGGGGCGTCA-3') [2] в зависимости от температуры методом МУРР. Третичная структура аптамера состоит из трёх частей: 5 пар комплементарных

оснований, определяющих двойную спираль В-типа; двух гуаниновых тетрад, объединённых водородными связями в так называемый G-квадруплекс, удерживаемый ионом  $K^+$ ; а также две пары некомплементарных оснований, соединяющих спиральный и квадруплексный домены молекулы.

Измерения были проведены на станции ДИКСИ в НИЦ “Курчатовский институт”. На установке проведено рассеяние рентгеновских лучей с длиной волны 0,162 нм (7,65 кэВ) на аптамере RE31 в растворе PBS в присутствии ионов калия [3]. Раствор с концентрацией аптамера 6 мг/мл поместили в капилляр объёмом 100 мкл. Целью измерений было пронаблюдать изменение конформации биомолекул аптамера при изменениях температуры. Для этого капилляры с раствором аптамера были помещены в воду с температурой 85°C и после этого зафиксированы в установке для измерения методом МУРР с последующим плавным охлаждением.

В результате получены кривые рассеяния для температур 8, 25, 40, 55, 70 и 85°C (Рисунок 1). По горизонтальной оси отложены значения в обратных нанометрах вектора рассеяния  $s=4\pi\sin(\Theta)/\lambda$ , где  $\Theta$  - половина угла рассеяния,  $\lambda$  - длина волны; по вертикальной оси - интенсивность  $I$  рассеянного излучения в относительных единицах. На высоких температурах заметно, что графики имеют сильный спад на малых углах. Это говорит об уменьшении монодисперсности раствора, то есть увеличении подвижности отдельных доменов молекулы относительно друг друга, что приводит к неоднозначным результатам.

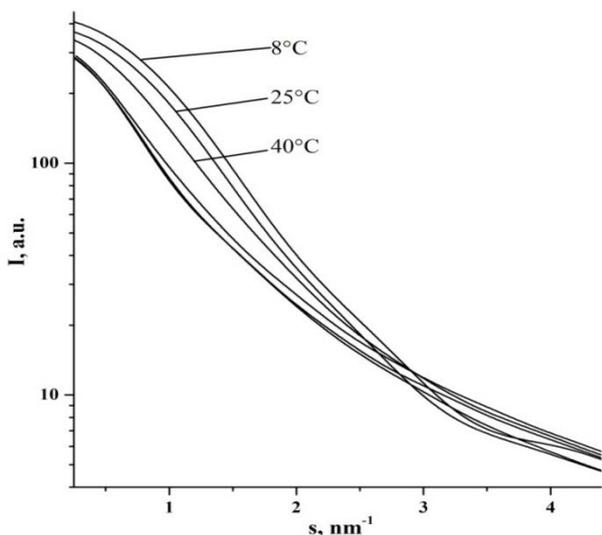


Рис. 1 - Графики МУРР для аптамера RE31.

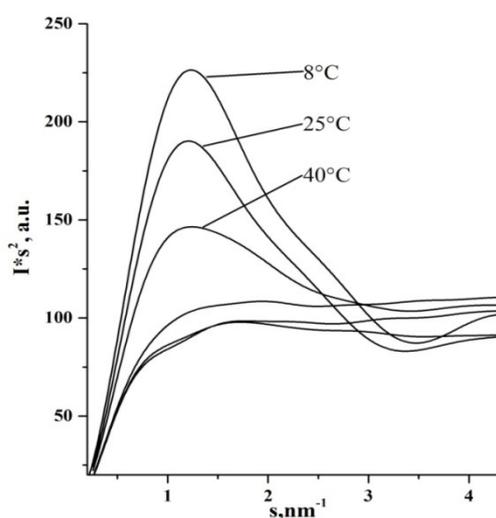


Рис. 2 - Графики Кратки для аптамера RE31.

Построены графики Гинье, представляющие собой зависимости  $\ln[I](s^2)$  на малых углах, для каждой температуры. Наклон аппроксимированных прямых увеличивается при

переходе от низкой температуры к высокой, что даёт разные оценки радиуса инерции  $R_g$ : 1,34, 1,44, 1,69, 2,12, 2,13, 2,17 нм соответственно. Но хорошую оценку компактной формы, либо развёрнутого состояния молекулы, даёт, как показал Doniach [4], график Кратки (Рисунок 2). Данный график показывает зависимость  $I \cdot s^2(s)$ . По графикам Кратки при повышении температуры виден переход от компактной свёрнутой структуры на температурах 8-25°C, что проявляется заметным пиком на интервале  $s=1 \div 2 \text{ нм}^{-1}$ , к развёрнутой, вытянутой, где график плавно поднимается до значения интенсивности 80-100 относительных единиц без сильных последующих спадов. Есть предположение, что при повышении температуры от 8°C до 40°C происходит разделение участка двойной спирали ДНК на две свободные нити, но квадруплексная часть остаётся целостной из-за большого количества водородных связей в домене. И только при последующем повышении температуры до 55°C и выше разрушаются оставшиеся водородные связи и аптамер полностью разворачивается в однотяжевую нить ДНК.

По полученным данным исследования можно сделать вывод, что методом МУРР возможно проследить изменение конформации аптамеров при изменении температуры, оценить сохранение их третичной структуры как при комнатной, так и при температуре человеческого тела. В перспективе планируется исследовать конформационные зависимости аптамеров от pH среды, концентрации одно- и двухвалентных ионов солей в буфере, длины двойной спирали из комплементарных нуклеотидов на неспецифичном участке аптамера.

#### Список использованных источников

1. Fang X., Stango J.R., Bhandari Y.R., Zuo X., Wang Y.-X. Small-angle X-ray scattering: a bridge between RNA secondary structures and three-dimensional topological structures. *Current Opinion in Structural Biology*, 2015, 30, 147–160.
2. Krauss I. R., Spiridonova V.A., Pica A., Napolitano S., Sica F. Different duplex/quadruplex junctions determine the properties of anti-thrombin aptamers with mixed folding. *Nucleic acids research*, 2015, gkv1384.
3. Svergun D. I. Determination of the regularization parameter in indirect-transform methods using perceptual criteria. *Journal of applied crystallography*, 1992, 25(4), 495-503.
4. Doniach S. Changes in biomolecular conformation seen by small angle X-ray scattering. *Chemical Reviews*, 2011, 101, 1763–1778.

## **ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО НАМОРАЖИВАНИЮ ИЗОТОПОВ ВОДОРОДА В СФЕРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ**

**Осетров Е.И.**

**Научный руководитель канд. физ.-мат. наук Изгородин В.М.**

*ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров, Россия*

Эксперименты по лазерному термоядерному синтезу (ЛТС) предполагают быстрое сжатие сферических криогенных мишеней с помощью лазерного излучения, до больших значений плотности и температуры, необходимых для эффективного термоядерного горения вещества. Криогенная мишень в общем виде представляет собой полую сферическую оболочку с гладким однородным слоем изотопов водорода (смесь дейтерия и трития), замороженным на ее внутренней поверхности [1]. Начальным этапом разработки технологии получения криогенных мишеней является организация процесса наполнения полистирольной оболочки изотопами водорода методом низкотемпературной перегонки через капилляр с последующим намораживанием на внутренней поверхности оболочки [2].

Стенд для исследования мишеней при низких температурах состоит из исследовательского криостата, системы одновременной откачки газовых магистралей, систем напуска гелия и изотопов водорода, оборудования для измерения и контроля температуры, экспериментальных боксов и оптической системы визуального контроля. Схема газовакуумной системы стенда представлена на рисунке 1[3].

Для проведения исследований используется оптический криостат с системой охлаждения на основе двухступенчатого криорефрижератора замкнутого цикла, работающего по принципу пульсационной трубы с холодопроизводительностью 1 Ватт при 4.2К. Основными элементами исследовательского криостата являются криорефрижератор, гелиевый компрессор, линии подачи гелия.

Криорефрижератор имеет две ступени охлаждения: до 45К на первой ступени и до 4.2К на второй. Необходимая температура для исследования процесса ожижения с последующим замораживанием изотопов водорода в сферической оболочке (от 10К до 20К) достигается на терморегулируемом столике объектов, установленном на второй ступени.

Контроль температуры осуществляется с помощью двух датчиков. Датчик ДТ1 установлен в терморегулируемом столике на расстоянии 11 мм от центра оболочки (его показания обозначены ТА). Второй датчик ДТ2 установлен непосредственно на корпусе экспериментального бокса (ТВ). Датчики работают в диапазоне температур от 1,4 К до 325К



замораживанием использовался протий ( $H_2$ ), дейтерий ( $D_2$ ), протий-дейтериевая смесь ( $H_2$ -HD- $D_2$ ), генерируемая металлогидридным источником и молекулярная протий-дейтериевая смесь ( $H_2, D_2$ ). Эксперименты проводились в экспериментальной сборке «боксы», параметры сборки: микросфера  $\varnothing 1,325$  мм, материал – полистирол,  $\varnothing$  стеклянного капилляра – 56 мкм. Этапы проведения экспериментов по намораживанию изотопов водорода:

- 1) Откачка рабочего объема криостата и систем напуска рабочих газов (гелий, изотопы водорода) с помощью форвакуумного и турбомолекулярного насосов до  $10^{-3}$  Па;
- 2) Охлаждение экспериментальной сборки до 30К;
- 3) Напуск теплообменного газа гелия в полость бокса;
- 4) Напуск изотопов водорода в сферическую полистирольную оболочку;
- 5) Охлаждение оболочки до температуры тройной точки, дозирование количества жидкости в микросфере до необходимого уровня;
- 6) Небольшое понижение температуры (0,2-0,4К) до образования «ледяной пробки» в капилляре, которая позволяет обеспечить фиксированный уровень жидкости в оболочке;
- 7) Понижение температуры с заданными параметрами скорости до полного преобразования жидкой фазы в твердую. Регистрация процесса и полученных результатов на фото, видео.
- 8) В зависимости от задачи – выдерживание твердого слоя при постоянной температуре заданное время или отогрев оболочки с обратным переходом твердого слоя в жидкую фазу. При отогреве необходимо не превысить температуру, полученную в п.6. В таком случае можно провести неограниченное количество циклов замораживания криогенного слоя при аналогичных условиях.

Процесс наполнения сферической оболочки методом низкотемпературной перегонки через капилляр представлен на рисунке 2.

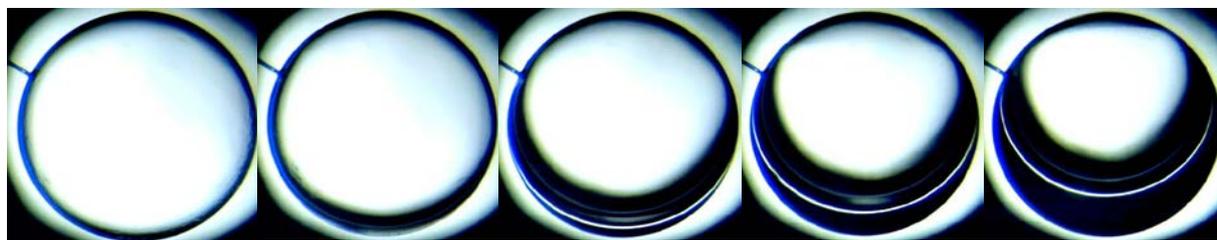
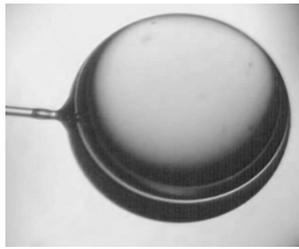
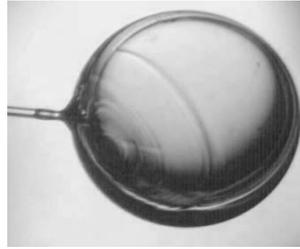


Рис.2 –Процесс наполнения сферической полистирольной оболочки изотопами водорода в жидкой фазе

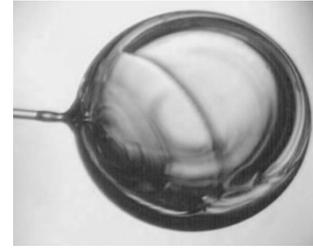
Динамика поведения криогенного слоя протия и дейтерия при различных значениях температуры около тройной точки показана на рисунках 3 и 4 соответственно.



Начало конденсации  
 $T_A = 13,9\text{K}$ ,  $T_B = 14,7\text{K}$



Начало кристаллизации  
 $T_A = 13,8\text{K}$ ,  $T_B = 14,6\text{K}$



Твердая фаза  
 $T_A = 13,4\text{K}$ ,  $T_B = 14,2\text{K}$

Рис.3 –Процесс замораживания протия в оболочке

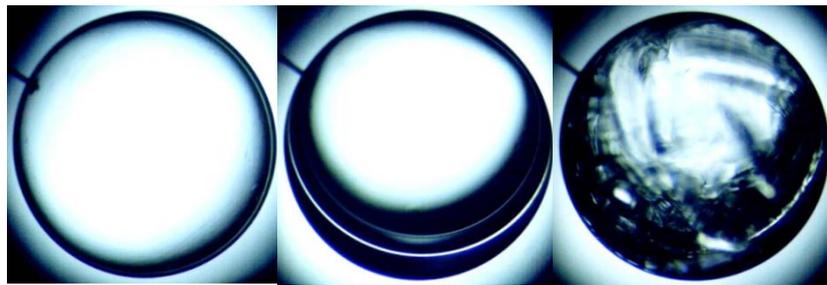


Рис. 4 –Процесс замораживания дейтерия в оболочке

Результаты экспериментов по намораживанию протий-дейтериевой смеси, генерируемой металлгидридным источником, представлены на рисунке 5.



Начало конденсации  
 $T_A = 16,05$ ,  $T_B = 16,97\text{K}$



Начало кристаллизации  
 $T_A = 15,81\text{K}$ ,  $T_B = 16,74\text{K}$



Твердая фаза  
 $T_A = 15,7\text{K}$ ,  $T_B = 16,6\text{K}$

Рис.5 –Процесс замораживания протий-дейтериевой смеси  $\text{H}_2\text{-HD- D}_2$

На рисунке 6 представлена молекулярная смесь протия и дейтерия в твердой фазе при температуре 14.5 К. Характерной особенностью процесса замораживания такой смеси является разброс температуры начала кристаллизации (от 14 до 15 К). Это связано, скорее всего, с постоянным перемешиванием протия и дейтерия в оболочке с капилляром во время циклов «замораживание-отогрев» и, как следствие, постоянным изменением их процентного соотношения. Из-за этого, процесс кристаллизации может начинаться каждый раз при различной температуре.



Рис.6 –Замораживание смеси  $\text{H}_2\text{-D}_2$  в оболочке

### Список использованных источников

1. Bittner D.N., Kozioziemski B., Pipes J. Forming uniform deuterium hydride and deuterium-tritium layers in shells. *ICF Quarterly Report 4, Lawrence Livermore National Laboratory*, 1998, 131-139.

2. Изгородин В.М., Соломатина Е.Ю., Пепеляев А.П., Рогожина М.А., Осетров Е.И. Технология наполнения сферической полистирольной оболочки изотопами водорода методом перегонки через капилляр с последующим замораживанием, *Сборник тезисов докладов 10 Международной Школы молодых ученых и специалистов им. А.А.Курдюмова «Взаимодействие изотопов водорода с конструкционными материалами» (IHISM'15 Junior)*, М.: НИЦ «Курчатовский институт», 2015, 150-151. [Izgorodin V.M., Solomatina E.Y., Pepelyaev A.P., Rogozhina M.A., Osetrov E.I. Technology of spherical polystyrene capsule filling with hydrogen isotopes through the fill tube with consequent freezing, *IHISM'15 Junior*, Moscow, NRC "Kurchatov Institute", 2015, 150-151].

3. Пипко А.И., Плисовский В.Я., Пенчко Е.А. *Конструирование и расчет вакуумных систем*. М.: Энергия, 1979. 504 с. [Pipko A.I., Plisovsky V.Y., Penchko E.A. Design and calculation of vacuum systems. Moscow, Energia, 1979, 504 p. (in Russian)].

4. Изгородин В.М., Соломатина Е.Ю., Пепеляев А.П., Кайгородова М.А., Осетров Е.И. Технология наполнения полистирольной микросферы изотопами водорода, *Сборник докладов Девятой Всероссийской школы для студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов по лазерной физике и лазерным технологиям*, Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2015, 100-101. [Izgorodin V.M., Solomatina E.Y., Pepelyaev A.P., Kaigorodova M.A., Osetrov E.I. The technology of filling polystyrene microspheres with hydrogen isotopes, *Ninth All-Russian School for students, graduate students, young scientists and specialists in laser physics and laser technologies*, Sarov, FSUE «RFNC-VNIIEF», 2015, 100-101].

## **РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СМАРТ-РУМА СИСТЕМЫ УМНЫЙ ДОМ**

**Калашникова О. В., Андреев М. С.**

**Научный руководитель канд. физ.-мат. наук Москалев А. К.**

*Сибирский федеральный университет*

Умный дом — система домашних устройств, способных выполнять действия и решать определенные задачи без участия человека. С помощью данной системы пользователь сможет управлять бытовой техникой, освещением, климатом и безопасностью во всем помещении удаленно посредством приложения на гаджетах, а также настроить автоматическое регулирование параметров комнат. Устройства автоматизации более популярны и эффективны для контроля коттеджей, но могут быть полезны и в обычных квартирах и офисных помещениях. Существуют комплектации с минимальным набором самых важных функций, которые могут себе позволить люди с небольшим достатком.

К сожалению, многие потенциальные клиенты не знают об автоматизации помещений, или считают, что все такие устройства являются непозволительно дорогими или сложными для постоянного использования. Очень важно донести до возможных потребителей информацию обо всех функциях и преимуществах Умного дома. Пока потенциальные клиенты самостоятельно не увидят и не попробуют управлять такими системами, они не смогут полностью убедиться в том, насколько Умный дом может упростить многие процессы.

Наиболее перспективным решением для эффективного привлечения клиентов может стать шоу-рум. Словосочетание showroom можно перевести как «демонстрационный зал». Наиболее популярные сферы деятельности, где широко применяется шоу-рум: автомобили, мебель, одежда, техника, строительство. Некоторые предприятия, расположенные в Санкт-Петербурге, Курске, Пензе, открыли шоу-румы Умного дома в форме помещений или квартир, в которых клиент сможет ознакомиться с автоматизацией и при желании сделать заказ.

Но все эти помещения предусматривают именно демонстрацию системы, проведение презентаций. Для большей эффективности и достижения лучших результатов необходимо концепцию шоу-рума Умного дома преобразовать в более обширное интерактивное понятие. Автором предлагается идея "Смарт-рума" (учитывая общую концепцию автоматизации процессов: "Умный" дом, "Умный" город; "Smart"- от английского - "умный", "room" - комната). В Смарт-руме посетители смогут не только ознакомиться с функциями Умного

дома, изучить оборудование, затем при желании заказать его, но и, в отличие от шоу-рума, самостоятельно управлять устройствами, консультироваться с модератором, оставлять свои отзывы и пожелания. При создании новых операций, разработчики смогут подключить необходимое оборудование и протестировать его работу, узнать мнение покупателей.

Для того, чтобы более точно, детально представить элементы и характеристики концепции создан проект, результатом которого будет являться модель Смарт-рума с описанием оборудования, принципов работы, расчетом времени и перечнем расходов.

Смарт-рум будет представлять собой помещение размера 10\*10 метров (площадью – 100 кв.м.), включающее элементы мебели, бытовой техники, оборудование автоматизации (датчики, видеокамеры), а также управляющие устройства (компьютер, планшет и смартфон).

Передача данных между устройствами будет осуществляться посредством туманных вычислений. Концепция туманных вычислений предполагает обработку данных на конечных устройствах сети (компьютерах, мобильных устройствах, датчиках, смарт-узлах и т.п.), а не в облаке [1]. Благодаря использованию такой платформы удастся увеличить скорость и безопасность передачи данных.

Функции, предназначенные для управления посетителями Смарт-рума, а также оборудование, необходимое для их автоматизации, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Функции Смарт-рума и необходимое оборудование для их автоматизации

Функция	Описание функции	Необходимое оборудование
Контроль проникновения	Проверка биометрических показателей и оповещение при незаконном проникновении.	Сканеры отпечатков пальцев и сетчатки глаза
Видеонаблюдение	В каждой из зон будет расположена видеокамера с IP-интерфейсом.	5 IP-камер
Климат-контроль	С помощью управляющих устройств пользователь сможет выбрать текущую температуру в помещении и настроить автоматическое изменение климата в определенное время суток.	Кондиционер Увлажнитель воздуха Комплект для удаленного управления температурой [2].
Управление бытовой техникой	Включение или выключение бытовой техники с помощью управляющих устройств.	Контроллер
Мультирум	Управление работой музыки, видео.	Контроллер [3]
Управление	Управление температурой воды, контроль	Датчик протечек воды,

водоснабжением и противопожарная безопасность	показателей датчиков, звуковой сигнал, автоматическое отключение коммуникаций и оповещение пользователей в случае аварии	датчики дыма и уровня углекислого газа
Функция	Описание функции	Необходимое оборудование
Контроль освещения	В Смарт-руме предполагается три типа освещения: основное (люстра), дополнительное (точечные светильники) и зональное (лампы).	20 патронов с IP-интерфейсом

Смарт-рум предполагается разделить на 5 секторов. Все вышеперечисленные функции посетитель сможет настроить во всех секторах, но с разных контролирующих устройств в разных зонах. Опциями в секторе детей смогут управлять только родители. План смарт-рума и иллюстрации секторов в специально созданной 3D-модели представлены на рисунке 1. Описание функций, бытовой техники и мебели каждого сектора приведено в таблице 2.



Рис. 1 – 3D-модель Смарт-рума

Таблица 2 - Описание секторов Смарт-рума

Сектор	Описание сектора	Бытовая техника	Мебель и предметы декора
Сектор входа	Информация о посетителе Смарт-рума и его биометрические показатели заранее будут занесены в базу, а при входе будут проверяться.		Вешалка для верхней одежды Настенный светильник
Сектор отдыха	Сектор отдыха предназначен для демонстрации возможностей удаленного управления	Телевизор Управляющи	Диван, журнальный

	помещением со смартфона	й смартфон	столлик
Сектор	Описание сектора	Бытовая техника	Мебель и предметы декора
Сектор для детей	Предусматривается обслуживание клиентов с семьями. Чтобы во время знакомства со Смарт-румом дети могли быть заняты, не отвлекать родителей, оставались в хорошем настроении, в Смарт-руме будет сектор для детей. В нем будут находиться игрушки, предметы для рисования, планшет для просмотра фильмов и прослушивания музыки, а также усовершенствованная дополненная система Видео-няни.	Планшет и наушники	Стол, стулья, тумба Игрушки, раскраски, альбомы, карандаши, фломастеры для рисования Бра на стене
Сектор для работы	В данном секторе будет находиться удобное рабочее место с центральным управляющим компьютером системы. Все предусмотрено так, чтобы пользователь, не отвлекаясь от выполнения своих задач, мог управлять всеми процессами помещения.	Управляющий компьютер	Компьютерный стол, кресло Настольная лампа
Кухонный сектор	В секторе будут продемонстрированы функции контроля водоснабжения, противопожарной безопасности и управления бытовой техникой. Для контроля предусмотрен планшет. В ситуациях, если пользователь не может управлять планшетом по причине выполнения бытовых задач, будет подключено голосовое управление.	Микроволновая печь Чайник Управляющий планшет	Кухонный гарнитур со встроенной раковиной, стулья Посуда Настенный светильник

Общая продолжительность реализации проекта составит 126 дней. Помимо трех основных исполнителей проекта, отвечающих за приобретение помещения, покупку оборудования и материалов, подготовку к обслуживанию клиентов, предполагается найм инженера на время разработки, ремонтной бригады на период подготовки помещения, программиста и модератора на постоянной основе.

Помимо затрат для оплаты трудовых ресурсов были определены вложения, необходимые для покупки материалов и оборудования, аренды и ремонта помещения. Перечень затрат в соответствии с иерархической структурой работ представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень затрат

Раздел работ	Работы	Фонд оплаты труда, руб.	Затраты на материалы и оборудование, руб.	Общие затраты, руб.
Помещение	Поиск и аренда помещения	40 000	Аренда помещения— 320 000	360 000
	Ремонт помещения	Ремонтная бригада - 120 000	Строительные материалы: 70 000	190 000
	Оборудование помещения	20 000	Бытовая техника - 162 000	182 000
Система автоматизации	Материалы и оборудование	20 000	Оборудование 70 000	90 000
	Сборка образца	30 000		30 000
	Программное обеспечение	52 000		52 000
Подготовка к обслуживанию клиентов	Модератор	60 000		60 000
	Подготовка к рекламе Смарт-рума	55 000	Рекламная продукция 7 000	62 000
Итого:				1 022 000

Таким образом, общие затраты на проект составят 1 022 000 рублей. Если продавать клиентам системы по цене в 50 000 рублей, то проект окупиться после установки 112 систем.

В ходе выполнения проекта была разработана модель Смарт-рума с учетом факторов рынка, поведения клиентов, определены срок (126 дней) и расходы (1,022 млн. руб.) на реализацию. Создание Смарт-рума позволит знакомить потенциальных пользователей с функциями и преимуществами автоматизации, привлекать новых клиентов, проводить предварительное тестирование перед полным вводом новых функций в систему.

#### Список использованных источников

1. Туманные вычисления [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Туманные\\_вычисления](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Туманные_вычисления)
2. Управление температурой на расстоянии [Электронный ресурс] : AWTherm – Гид в мире HVAC. - Режим доступа: <http://aw-therm.com.ua/upravlenie-temperaturoj-na-rasstoyanii>
3. Откройте мультирум [Электронный ресурс]: Идеи для вашего дома. – Режим доступа: <https://www.ivd.ru/stroitelstvo-i-remont/bezopasnost-i-domasnaa-avtomatika/otkrojte-multirum-5898>

## **АНАЛИЗ ЗНАЧИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ ГЛОБАЛЬНОГО ИННОВАЦИОННОГО ИНДЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА**

**Касимова А.Э.**

**Научный руководитель канд. физ.-мат. наук Москалев А.К.**

*Сибирский федеральный университет*

На сегодняшний день в мире наблюдается тенденция развития нового типа экономики – «экономики знаний», в основе которой лежат интеллектуальные ресурсы, наукоемкие и информационные технологии, обеспечивающие устойчивый качественный экономический рост. Анализируя уровень потенциала национальных инновационных систем (НИС) разных стран, можно заметить расслоение экономик мира на высокоразвитые, развивающиеся и неразвитые. В связи с этим, цель настоящего исследования – выделить основные параметры, определяющие эффективность использования инновационного потенциала, и в результате сформулировать предложения по формированию эффективной стратегии стимулирования инноваций.

В качестве показателя, характеризующего уровень развития инновационных систем разных стран, был выбран Глобальный инновационный индекс (Global innovation index, GII). Это ежегодное исследование проводит консорциум Корнельского университета (США), Школы бизнеса INSEAD (Франция) и Всемирной организации интеллектуальной собственности [1]. В рейтинг GII 2016 вошли 128 стран из всех регионов мира, которые в совокупности производят 98% мирового ВВП и в которых проживает 92% населения планеты.

Исследование параметров, составляющих Глобальный инновационный индекс, позволит выявить те области инновационного потенциала страны, которые имеют особое влияние на итоговую инновационную активность. Таким образом, на примере высокоразвитых экономик мира будет исследована зависимость между располагаемыми ресурсами и условиями для осуществления инноваций и достигнутыми практическими результатами.

Основу Глобального инновационного индекса составляют два подиндекса: «Ресурсы инноваций» и «Результаты инноваций». Каждый из них, в свою очередь, включает в себя ряд индивидуальных показателей, объединенных в группы. Структура Глобального инновационного индекса показана на рис. 1.

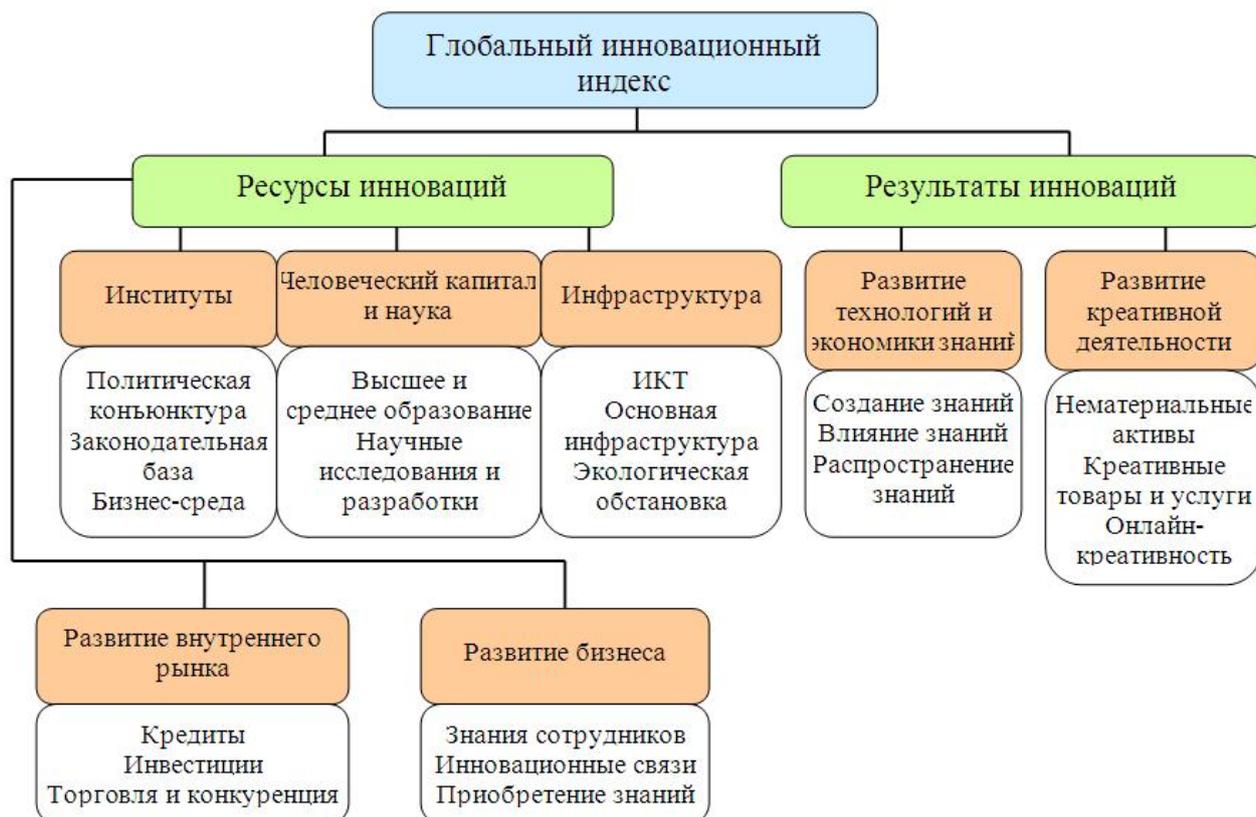


Рис. 1 – Структура Глобального инновационного индекса

В качестве инструмента для проведения анализа были использованы искусственные нейронные сети. На сегодняшний день работоспособность таких сетей была неоднократно показана российскими и зарубежными исследователями [2,3]. Для проведения представленных в данной статье вычислений был использован пакет программы «Нейросимулятор», разработанный на базе Пермского государственного национального исследовательского университета.

Матрица данных представляет собой результаты ранжирования стран по методике ГИ. В качестве обучающих примеров были выбраны параметры НИС 48 стран, имеющие самый высокий рейтинг и признанные высокоразвитыми. Входными, с точки зрения авторов индекса, были признаны пять групп параметров, характеризующих инновационный потенциал страны: институты, человеческий капитал и наука, инфраструктура, развитие внутреннего рынка и развитие бизнеса. Выходными были признаны группы параметров, характеризующие результаты инновационной деятельности, или инновационную активность: развитие технологий и экономики знаний, результаты творческой деятельности [1].

На первой стадии анализа были использованы обобщенные итоговые значения по каждой группе параметров. Для вычисления значимости была построена двухслойная нейронная сеть с пятью входными нейронами, двумя выходами и тринадцатью нейронами в

скрытом слое (в соответствии со следствием из теоремы Арнольда-Колмогорова-Хехт-Нильсена [2]). Сеть обучалась по алгоритму обратного распространения ошибки, количество итераций обучения установлено на 10 000. По окончании обучения средняя относительная погрешность составила 0,04, что позволяет сделать вывод об успешном обучении сети.

В результате проведенного анализа с помощью искусственной нейронной сети были получены данные о значимости каждого входного параметра для выходных (рис. 2).

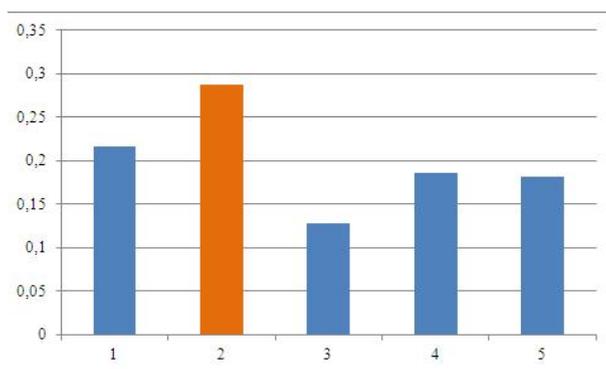


Рис. 2 – Результаты анализа значимости параметров: 1 – институты; 2 – человеческий капитал и исследования; 3 – инфраструктура; 4 – развитие местного рынка; 5 – развитие бизнеса

Как видно из рисунка 2, наибольшее влияние на итоговую инновационную активность оказывает вторая группа параметров, то есть человеческий капитал и исследования.

На втором этапе анализа исследуем зависимость параметров, входящих в группу показателей «человеческий капитал и исследования» и результатов инновационной деятельности. Данный показатель складывается из характеристик среднего и высшего образования, а также исследований и разработок (всего 12 параметров, детали формулировок представлены на рис. 3).

Для анализа значимости была построена двухслойная нейронная сеть с двенадцатью входными нейронами, двумя выходами и девятью нейронами в скрытом слое (в соответствии со следствием из теоремы Арнольда-Колмогорова-Хехт-Нильсена [2]). Выбранный алгоритм обучения – Лавенберга-Марквардта, допустимая ошибка обучения – 0, количество итераций обучения установлено на тысячу повторов.

После того, как процесс обучения сети завершен, а среднеквадратичная ошибка обучения стремится к нулю, можно получить итоговые данные о влиянии каждого параметра на результативность инновационной деятельности (рис. 3).

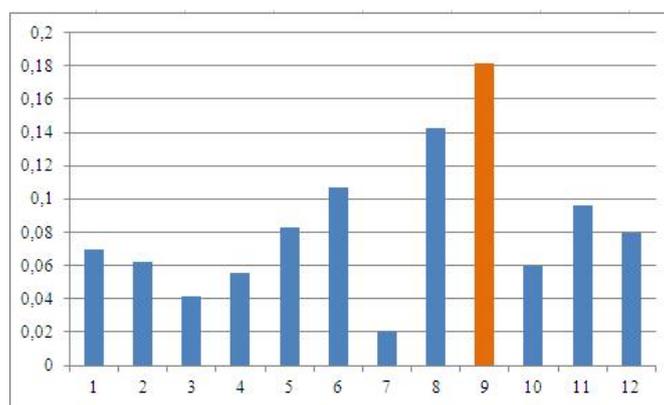


Рис.3 – Результаты анализа значимости показателей человеческого капитала и исследований: 1 – государственные расходы на образование; 2 – государственные расходы на образование на одного ученика; 3- продолжительность обучения в средней школе; 4 – уровень знаний учеников; 5– соотношение учеников и учителей; 6 – население с высшим образованием; 7 – выпускники в области науки и техники; 8 – количество иностранных студентов; 9 – число исследователей на миллион человек населения; 10 – валовые расходы на НИОКР; 11 – средние расходы на НИОКР трех ведущих мировых компаний; 12 – уровень местных университетов

Как видно из рисунка 3, наиболее значимым параметром, определяющим уровень инновационной активности и эффективности инновационной деятельности, является параметр 9 – количество исследователей на миллион человек населения. На втором месте находится число иностранных студентов, обучающихся в данной стране, и на третьем – соотношение количества людей с высшим образованием к общей численности населения.

Таким образом, можно сделать вывод о главенстве роли человеческого капитала страны в ее инновационной активности и, следовательно, уровне ее инновационного развития. Первоочередная роль отводится людям, непосредственно занятым разработками и созданием новых знаний, продуктов, процессов, методов или систем и управлением соответствующими проектами. Второе место отводится высшему образованию, в том числе количеству иностранных студентов.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о необходимом направлении стратегического развития потенциала страны для экономик с низким уровнем эффективности реализации инноваций. В первую очередь, необходимо развивать интерес к исследовательской деятельности, повышать престижность и авторитет научной профессии в обществе. Можно предположить, что предлагаемые стратегии по развитию инновационных систем, в которых основной акцент делается на количество созданных новых предприятий, производство средне- и высокотехнологичным производством, выплаты по лицензионным договорам и экспорт высокотехнологичной продукции [4,5], будут недостаточно эффективными.

Ориентация государства на активное развитие научно-исследовательской деятельности неизбежно повлечет за собой модернизацию всех остальных областей

инновационного потенциала страны и позволит использовать его максимально эффективно, что приведет к конечной цели – построению «экономики знаний» и устойчивому инновационному развитию.

#### Список использованных источников

1. Winning with global innovation [Электронный ресурс] : официальный сайт Global innovation index. – Режим доступа: <https://www.globalinnovationindex.org>.

2. Круглов В.В., Борисов В.В. *Искусственные нейронные сети : теория и практика*. М.: Горячая линия – Телеком, 2002. 382 с. [Kruglov V.V., Borisov V.V. *Artificial neural network: theory and practice*. Moscow: Goryachaya liniya-Telecom, 2002, 382 p. (in Russian)].

3. Касимова А.Э. Выявление наиболее значимых экономических параметров предприятия с использованием нейросетевого подхода. *Сборник материалов международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспектив Свободной-2016»*, К.: Сибирский федеральный университет, 2015, 33-36; <http://nocmu.sfu-kras.ru/digest2016> [Kasimova A.E. Identification of the most significant economic parameters of an enterprise using a neural network approach, *Collection of materials of the international conference of students, graduate students and young scientists "Prospekt Svobodny-2016"*, Krasnoyarsk, 2015, 33-36; <http://nocmu.sfu-kras.ru/digest2016>].

4. Цителадзе Д. Д. Пути решения проблем финансирования инновационных проектов ранних стадий. *Инновации*, 2012, 1, 15-22.

5. Гришакина Е. Г. *Проблемы координации взаимодействия науки, образования и бизнеса*. М.: Институт экономики РАН, 2015. 25 с. [Grishakina E.G. *Problems of coordination of interaction between science, education and business*. Moscow: Institut ekonomicy RAN, 2015, 25 p. (in Russian)].