

**ПУБЛИЧНЫЙ АНАЛИТИЧЕСКИЙ ДОКЛАД**

**по направлению**

**«НЕЙРОТЕХНОЛОГИИ»**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>5</b>
<b>1 ОЖИДАЕМЫЕ В МИРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ СЕКТОРАХ ПРИЛОЖЕНИЙ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ДАННОМ НАПРАВЛЕНИИ И ИННОВАЦИОННАЯ ПОЛИТИКА РЯДА ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН В ЭТОМ НАПРАВЛЕНИИ .....</b>	<b>9</b>
1.1 Глобальные технологические тенденции в развитии практических приложений по данному направлению, возможное появление (с указанием сроков) новых продуктов и услуг, нишевых рынков. Прогнозные оценки новых сегментов рынка приложений. Краткое описание возможного будущего для населения, бизнеса.....	9
1.2 Перечень технологий, которые надо создать для развития приложений с указанием сроков их возможного появления.....	23
1.2.1 Нейрокомпьютерные технологии.....	23
1.2.2 Нейрокогнитивные технологии.....	25
1.2.3 Технологии нейробиологии.....	27
1.3 Перечень научных задач, которые необходимо решить для создания технологий.....	28
1.4 Государственная политика ряда стран в отношении развития данного направления.....	31
1.4.1 Соединенные Штаты Америки (США).....	32
1.4.2 Китайская Народная Республика (КНР).....	35
1.4.3 Страны – члены Европейского Союза.....	36
<b>2 ОЦЕНКА АКТУАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО И ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РОССИИ В РАМКАХ ДАННОГО НАПРАВЛЕНИЯ .....</b>	<b>38</b>
2.1 Сопоставление уровня развития российских научных исследований в ключевых областях данного направления.....	38
2.2 Интегрированность России в международные и межстрановые научные исследования в ключевых областях данного направления.....	44
2.3 Потенциал развития российских производственных предприятий в сравнении с зарубежными конкурентами по основным практическим приложениям данного направления.....	45
2.4 Интегрированность России в международные цепочки создания добавленной стоимости в секторах приложений данного направления.....	49
2.5 Основные препятствия для развития исследований и разработок по данному направлению....	50
2.6 Основные барьеры для развития практических приложений данного направления.....	53

<b>3 ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ СРЕДНЕСРОЧНОГО И ДОЛГОСРОЧНОГО РАЗВИТИЯ СЕКТОРОВ ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДАННОГО НАПРАВЛЕНИЯ В РОССИИ .....</b>	<b>55</b>
3.1 Национальные технологические тенденции в развитии практических приложений по данному направлению, возможное появление (с указанием сроков) новых продуктов и услуг, новых технологий.....	55
3.2 Выявление основных (стратегических) альтернатив развития секторов практических приложений технологий и возможные сценарии технологического облика секторов практических приложений по данному направлению.....	61
3.3 Основные принятые концептуальные и нормативные документы, задающие ориентиры и ограничения для развития данного направления.....	63
3.4 Выбор и обоснование наиболее перспективных вариантов среднесрочного и долгосрочного развития секторов практических приложений данного направления .....	65
<b>4 ОСНОВНЫЕ РИСКИ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВАРИАНТОВ СРЕДНЕСРОЧНОГО И ДОЛГОСРОЧНОГО РАЗВИТИЯ ДАННОГО НАПРАВЛЕНИЯ И ЕГО ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ РОССИИ.....</b>	<b>69</b>
4.1 Перечень и характеристики наиболее важных факторов и параметров среднесрочного и долгосрочного развития данного направления и его практических приложений для России.....	69
4.2 Возможные риски в решении сформулированных задач.....	71
4.3 Возможные риски в появлении перспективных процессных и продуктовых технологиях.....	74
4.4 Внешние риски.....	75
<b>5 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕАЛИЗАЦИИ ЭФФЕКТИВНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ, НАПРАВЛЕННОЙ НА РАЗВИТИЕ СЕКТОРА ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК В КОНТЕКСТЕ ДАННОГО НАПРАВЛЕНИЯ.....</b>	<b>77</b>
5.1 Оценка проводимой государственной научно-технической и инновационной политики в рамках данного научно-технологического направления .....	77
5.2 Рекомендации по использованию различных механизмов и инструментов в развитии научных исследований по данному направлению.....	80
5.3 Рекомендации по использованию различных механизмов и инструментов в развитии инновационной политике по данному направлению .....	83
5.4 Рекомендации по корректировке научно-технологических приоритетов исследований и разработок по данному направлению .....	87
5.5 Предложения по ближайшим задачам государственной политики в рамках направления .....	89
5.6 Мероприятия по оптимизации процесса стратегического планирования по данному направлению.....	91

<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>93</b>
<b>ГЛОССАРИЙ.....</b>	<b>99</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>114</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А .....</b>	<b>123</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....</b>	<b>237</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В.....</b>	<b>239</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....</b>	<b>246</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....</b>	<b>263</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....</b>	<b>276</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Важнейшей задачей современного общества является увеличение продолжительности и повышение качества жизни человека, поддержание его высокой работоспособности и интеллектуальной активности. Для решения этой задачи необходимо глубокое понимание механизмов функционирования организма человека, в первую очередь нервной системы и головного мозга. Именно мозг является субстратом сознания и дирижёром работы целостного организма. Кроме того, большое внимание уделяется разработке базовых нейротехнологий, позволяющих идентифицировать специализированные нейронные сети, ответственные за регуляцию функций мозга: от экспрессии специфических генов до регуляции поведения. Полученные при этом знания открывают новые возможности изучения принципов и механизмов обработки и хранения информации в мозге и их математического моделирования. Одна из важнейших перспектив связана с созданием на основе нейротехнологий нового поколения суперкомпьютеров и человеко-машинных интерфейсов для прямого обмена информацией между мозгом и техническими устройствами. Эти разработки уже сегодня ведут к бурному развитию робототехники, в частности, к использованию подобных интерфейсов в реабилитационной медицине. В свою очередь, глубокое понимание механизмов функционирования мозга позволяет корректировать его работу с помощью нейротехнологий, обеспечивающих инвазивное и неинвазивное воздействие на соответствующие подсистемы мозга.

Социальная потребность в развитии нейротехнологий существенно возрастает по мере научно-технического прогресса и повышения требований к психическому статусу специалистов в различных отраслях народного хозяйства. При этом особое значение приобретает психологическое тестирование и научное сопровождение процессов принятия решения человеком, что привело к появлению новой научной дисциплины, «нейроэкономики». Обратной негативной стороной научно-технического прогресса является повышение психической нагрузки на человека, особенно в условиях экономического кризиса, локальных войн, межнациональных конфликтов и стихийных бедствий. Хронический социальный стресс приводит к деформациям личности и к психическим расстройствам, в первую очередь к депрессиям. При этом у человека нарушаются базовые механизмы социальной адаптации, теряется способность эффективной переработки информации, когнитивного контроля и принятия решений, а, следовательно, появляется необходимость психологической реабилитации на основе нейротехнологий. Так, в общей статистике смертности в странах Европейского Союза эти нарушения уже обогнали сердечно-сосудистые заболевания, а связанные с ними прямые и непрямые экономические потери превысили 300 млрд. евро в год.

Научно-технический прогресс, сопровождающийся в развитых странах повышением качества питания, совершенствованием системы здравоохранения, улучшением условий жизни, приводит к увеличению продолжительности жизни человека. Если в настоящее время около 16% населения Европы старше 65 лет, то к 2030 году по прогнозу этот показатель увеличится до 25%. С другой стороны, хронический стресс, производственные и бытовые травмы, загрязнение окружающей среды и другие побочные негативные явления цивилизации пагубно отражаются на жизнеспособности нейронов и работе мозга в целом, что на фоне увеличения продолжительности жизни приводит к быстрому росту числа людей с заболеваниями мозга. Так, по данным Всемирной Организации Здравоохранения более миллиарда людей в мире страдает от этих болезней, причем по прогнозу в ближайшие 15-20 лет число больных только с нейродегенеративными заболеваниями удвоится. Затраты на лечение и реабилитацию при заболеваниях мозга носят астрономический характер, соизмеримый с бюджетами крупных государств. Так, ежегодные затраты только стран Евросоюза достигают 600 млрд. евро, что примерно вдвое превышает расходную часть бюджета нашей страны. Проблема борьбы с заболеваниями мозга и нервной системы в России стоит не менее остро, чем в других странах. На лечение и реабилитацию больных при заболеваниях мозга в нашей стране ежегодно расходуются десятки миллиардов рублей.

Создание новых нейротехнологий для борьбы с заболеваниями мозга на основе принципов профилактической, трансляционной, персонализированной и регенераторной медицины является одним из наиболее приоритетных направлений развития современной неврологии и психиатрии в развитых странах, включая Россию. В перспективе важное место займут робототехнические приложения для реабилитации больных.

Современные успехи в разработке инновационных нейротехнологий достигнуты в значительной степени благодаря финансовой и организационной поддержке со стороны государства и бизнеса. Так, в США, несмотря на общее сокращение расходов на медико-биологические исследования и разработки из-за кризиса впервые за последние 20 лет, расходы на исследования мозга и создание новых нейротехнологий увеличились в 2014 г. на 100 млн. долларов с перспективой дальнейшего увеличения в последующие годы и доведения общего объема финансирования до нескольких миллиардов долларов. С этой целью создан мегапроект “Human Brain Mapping”, или “Brain Initiative”. Аналогичные мультидисциплинарные мегапроекты с близкими задачами существуют в Евросоюзе – “HumanBrainProject” с финансированием 1.3 млрд. евро в течение 10 лет, “Era-NetNEURON”, “Joint Programme – Neurodegenerative Disease Research”, а также в отдельных европейских странах. Важнейшей организационной поддержкой исследований мозга и разработки инновационных нейротехнологий является создание Центров мозга, функционирующих по принципу “миникремниевой долины” - центров коллективного

пользования, позволяющих на одной площадке реализовать технологическую цепочку от проведения ориентированных фундаментальных исследований мозга до создания нейротехнологий и их коммерциализации. Такие центры открыты два года назад во Франции (Париж), в марте этого года в США (Вашингтон, Бетезда) и находятся на финальной стадии организации в Германии (Берлин и Бонн).

В России, в отличие от большинства развитых стран, отсутствуют целевые программы по исследованиям мозга, хотя отдельные проекты или даже целые направления исследований поддерживаются грантами Минобрнауки РФ, МЗ РФ, Минпромторгом РФ, Минэкономразвития РФ, РАН-ФАНО РФ, НИЦ «Курчатовский институт», РНФ, РФФИ, РГНФ, Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, фондом «Сколково» и др. На основе таких проектов сложились первые в нашей стране консорциумы, способные решать самые сложные проблемы современной нейронауки и разрабатывать новые нейротехнологии. Деятельность подобных мультидисциплинарных коллективов сосредоточена на разработке «прорывных» нейротехнологий, направленных на (а) структурное и функциональное картирование мозга, (б) математическое моделирование работы мозга и разработку нового поколения суперкомпьютеров, (в) создание перспективных интерфейсов «мозг-компьютер» и «глаз-мозг-компьютер», (г) раннюю диагностику и превентивное лечение острых, хронических и врожденных заболеваний мозга.

Таким образом, исследования мозга на основе новых подходов и создание инновационных нейротехнологий направлены на поддержание высокой эффективности работы мозга, а также на профилактику, раннюю диагностику, лечение и реабилитацию социально-значимых неврологических и психических заболеваний, что будет способствовать увеличению продолжительности и повышению качества жизни человека, а также приведет к снижению финансовой и моральной нагрузки на общество.

Цель данного публичного аналитического доклада - идентификация выбранного направления как перспективной для России области развития и применения науки и технологий, а также технологий и технологических решений, способных обеспечить реализацию конкурентных преимуществ России с учетом глобальных вызовов и открывающихся окон возможностей.

Чтобы подчеркнуть актуальность и практическую значимость данного направления, обозначим глобальные вызовы, ответ на которые можно получить путем внедрения и активного развития нейротехнологий:

1. Замедление роста производительности труда.
2. Вызовы глобального демографического перехода.
3. Переход к производствам следующего поколения.
4. Освоение экстремальных климатических зон.

5. Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения.

6. Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС.

На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что нейротехнологии являются одним из немногих основополагающих направлений исследовательской и технологической активности в 21 веке. Россия в данной ситуации должна создавать условия для опережающего развития нейротехнологий. В этой связи представляется актуальным проведение аналитических и прогнозных исследований для выделения конкретных направлений консолидации ресурсов, представления образа будущего в различных перспективах.



# **1 ОЖИДАЕМЫЕ В МИРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ СЕКТОРАХ ПРИЛОЖЕНИЙ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ДАННОМ НАПРАВЛЕНИИ И ИННОВАЦИОННАЯ ПОЛИТИКА РЯДА ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН В ЭТОМ НАПРАВЛЕНИИ**

**1.1 Глобальные технологические тенденции в развитии практических приложений по данному направлению, возможное появление (с указанием сроков) новых продуктов и услуг, нишевых рынков. Прогнозные оценки новых сегментов рынка приложений. Краткое описание возможного будущего для населения, бизнеса**

Тенденцией, наметившейся в последние десятилетия в развитых странах, является фактическое стирание временной грани между фундаментальными и прикладными исследованиями. Инновации в области нейротехнологий преимущественно создаются на стыке разных областей науки (биологии, компьютерных технологий, машиностроения и материаловедения) с совместным участием частных и государственных учреждений, с одновременным финансированием фундаментальных и прикладных исследований.

Прорывными направлениями, определяющими пути развития медико-биологических наук, должны явиться нейробиология, биоинформатика, системная биология, нанобиотехнологии (способы доставки лекарств, диагностика сосудов, искусственные органы), клеточные технологии, нейротехнологии и ряд других. Именно эти подходы призваны обеспечить революционные результаты в борьбе с болезнями, в улучшении качества и продлении активной жизни.

Вышеуказанные технологические решения в той или иной форме присутствуют в российской науке, но без доминирующей роли в развитии соответствующих компетенций. В связи с данным фактом основной целью Стратегии развития медицинской науки в Российской Федерации на период до 2025 года было определено развитие передовых технологий медицинской науки и внедрение на их основе инновационных продуктов, обеспечивающих сохранение и улучшение здоровья населения [60]. Стратегической задачей является возвращение России в число ведущих мировых научных держав, создание отрасли генерации медицинских знаний, способной проводить по актуальным для мировой экономики и науки и приоритетным для России направлениям медицины прорывные фундаментальные и прикладные исследования, востребованные и российскими, и международными компаниями.

Выделим основные направления развития Нейротехнологий:

## ***1. Нейробиология***

Последнее десятилетие прошлого века было объявлено конгрессом США и Евросоюзом декадой исследования мозга. Фонд Кавли учредил премию, которая вручается за достижения в трёх ведущих научных областях: астрофизике, нанонауках и науках о мозге. Представители фонда полагают, что в отмеченных областях науки произойдут наиболее крупные открытия XXI века. Ожидается, что исследование мозга также объединит многие науки, в том числе социальные и общественные, а кроме того послужит основным фактором для создания новых технологий.

Долгое время мозг изучали с медицинской точки зрения, механизмы функционирования головного мозга не являлись объектом исследований. Сейчас данное направление становится центральной линией для работающих в этой области учёных.

С открытием новых методов исследования (в первую очередь электроэнцефалографии) наступил новый этап в изучении функций головного мозга, когда стало возможным исследовать эти функции, не разрушая мозг, не вмешиваясь в его функционирование. Появилась возможность изучать высшие проявления деятельности мозга – восприятие сигналов, функции памяти, сознания и многие другие.

Одной из основных проблем в современной нейрофизиологии (одного из разделов нейробиологии) является изучение интегративной деятельности нервной системы. Среди значительных достижений нейрофизиологии может быть отмечено открытие и подробное выяснение восходящих и нисходящих активирующих и тормозящих влияний ретикулярной формации мозгового ствола, определение лимбической системы переднего мозга как одного из высших центров объединения соматических и висцеральных функций, раскрытие механизмов высшей интеграции нервных и эндокринных регуляторных механизмов в гипоталамусе и др. Одновременно развивается детальное изучение клеточных механизмов деятельности нервной системы, при котором широко применяется микроэлектродная техника, позволяющая отводить электрические реакции от отдельных нервных клеток центральной нервной системы. Микроэлектроды могут быть введены в клетки головного мозга, продолжающего при этом некоторое время нормально функционировать [46].

Подобными методами получены сведения о том, как развиваются процессы возбуждения и торможения в различных типах нейронов, каковы внутриклеточные механизмы этих процессов, как осуществляется переход активности от одной клетки на другую. Параллельно с этим для изучения нервной системы начали применять электронную микроскопию, с помощью которой получены подробные картины ультраструктуры центральных нейронов и межнейронных связей. Указанные технические достижения позволили нейрофизиологам перейти к прямому изучению способов кодирования и передачи информации в нервной системе, а также – к разработке методов активного вмешательства в деятельность нервных клеток с помощью различных физических и химических средств.

Активно ведутся работы по моделированию отдельных нейронов и нервных сетей, базирующиеся на сведениях, полученных в прямых экспериментах на нервной системе [39]. Современная нейрофизиология тесно смыкается с такими дисциплинами, как нейрокибернетика, нейрохимия, нейробионика и др.

Также к перспективным направлениям исследований в области изучения мозга относятся: нейробиология памяти, нейробиология интеллекта и нейробиология сознания.

В изучении процессов памяти достигнут большой прогресс. Выявление механизма, благодаря которому клетки способны надолго запоминать информацию, стало основой для разработки различных методов и препаратов, используемых для регуляции памяти. Вместо психотропных веществ, влияющих на процессы передачи нервных импульсов и в той или иной степени способных изменять восприятие, эмоции, поведение человека, учёные начали создавать ноотропные лекарства, оказывающие избирательное действие на внутриклеточные механизмы запоминания информации.

Таким образом, данные препараты могут служить мягкими модуляторами процессов запоминания. Многие учёные придерживаются того мнения, что в перспективе препараты, специфически улучшающие свойства памяти, станут применять не только больные с нарушенной памятью, но и люди разных возрастных категорий с ослабевающей памятью.

## **2. *Нейрокомпьютерные устройства***

В данном аспекте – устройства для переработки информации, которые на основе принципов работы нейронных сетей уже меняют принципы работы компьютеров, например, позволяя им обучаться и оптимизировать собственную деятельность.

Нейрокомпьютерные технологии используют взаимодействующие друг с другом специальные нейрокомпоненты на базе микропроцессоров. Данный подход основан на моделировании поведения нервных клеток.

С самого начала развития компьютерной техники были намечены два принципиально разных подхода к обработке информации: принцип последовательной обработки сигналов и параллельное распознавание образов. Последовательная обработка была реализована в виде общераспространенных процессоров электронно-вычислительных машин, что определило основное занятие ЭВМ на десятилетия вперед – решение задач с помощью запрограммированных человеком алгоритмов.

В то же время описание операций над многобитовыми образами при использовании последовательного принципа обработки команд оказалось невозможным, из-за большой сложности описания образов. Требовались качественно другие подходы и модели обработки информации. За основу новых решений были приняты принципы функционирования биологических нейронных сетей, которые составляют основу деятельности человеческого мозга с

«образами» внешнего мира – распознавание сенсорной информации и выработка адекватной реакции на внешние воздействия. Появились аналоги биологических нейронных сетей в виде искусственных нейросетей, реализуемых на компьютерах. Основная задача нейросетей – не выполнение внешних алгоритмов, а выработка собственных в процессе обучения - отбраковки неверных решений, т.е. устранения ошибок каждого нейрона.

В настоящее время нейрокомпьютерные технологии представляются одним из наиболее перспективных направлений развития вычислительной техники, основой которой являются искусственные нейронные сети, представляющие собой устройства параллельных вычислений, состоящие из множества простых процессоров. Для представления и обработки данных в искусственных нейронных сетях могут быть использованы позиционные и непозиционные системы счисления. Позиционные системы являются традиционными и для согласования их с нейронными сетями используются искусственные приемы, которые снижают положительные свойства нейронных сетей, связанные с параллельными вычислениями. Непозиционные системы счисления, в частности, система остаточных классов, является параллельной системой и обеспечивает параллелизм на уровне выполнения элементарных операций, т.е. система остаточных классов является естественной основой представления данных в нейронных сетях, обеспечивая их новыми свойствами и возможностями.

Искусственная нейронная сеть – это параллельная система обработки информации, состоящая из обрабатывающих элементов (нейронов), которые локально выполняют операции над поступающими сигналами и могут обладать локальной памятью. Элементы связаны друг с другом однонаправленными каналами передачи сигналов. Каждый обрабатывающий элемент имеет единственный выход, иногда разветвляющийся на несколько каналов (связей), по каждому из которых передается один и тот же выходной (результатирующий) сигнал обрабатывающего элемента. Правила образования результирующего сигнала (правила обработки информации внутри элемента) могут варьироваться в широких пределах, важно лишь, чтобы обработка была локальной. Это означает, что обработка должна зависеть от текущих значений входных сигналов, поступающих на элемент через связи и от значений, хранящихся в локальной памяти элемента.

Отличительной чертой нейросетей является глобальность связей. Нейроны изначально нацелены на работу с векторной информацией, поскольку каждый нейрон, как правило, связан со всеми нейронами предыдущего слоя обработки данных. Специализация связей возникает лишь на этапе их настройки – обучения на конкретных данных. Архитектура процессора или алгоритм решения конкретной задачи проявляется по мере обучения. Каждый нейрон производит простейшую операцию – взвешивает значения своих входов со своими локально хранимыми синаптическими весами и производит над их суммой нелинейное преобразование. Нелинейность выходной функции активации принципиальна, поскольку при ее линейности любая

последовательность нейронов производила бы линейное преобразование и, следовательно, была бы эквивалентна одному слою нейронов. Нелинейность разрушает линейную суперпозицию и приводит к тому, что возможности нейросети много выше возможностей отдельных нейронов.

В основе обучения нейросетей лежит метод градиентной оптимизации - итерационное изменение синаптических весов, постепенно понижающее ошибку обработки нейросетью обучающих примеров. Причем изменения весов происходят с учетом локального градиента функции ошибки. Эффективным методом нахождения этого градиента является так называемый алгоритм обратного распространения ошибки.

Отличия ответов нейросети от заданных распространяются по сети навстречу потоку сигналов. В итоге каждый нейрон может определить вклад каждого своего веса в ошибку сети простым умножением невязки на значение соответствующего входа. Таким образом, одна и та же структура связей используется эффективно и для функционирования и для обучения нейросети. Эта структура позволяет вычислять градиент целевой функции почти так же быстро, как и саму функцию, причем с использованием распределенных вычислений нейронов.

Преимущества обработки информации в нейросетях:

1. Из-за глобальности связей между нейронами, нейросетям присущ параллелизм обработки информации, причем структура сети не фиксирована, а проявляется под каждую конкретную задачу по мере обучения.

2. Единый и эффективный принцип обучения нейросетей - минимизация эмпирической ошибки методом ее обратного распространения по сети. Извне задается лишь цель обучения - сеть сама себя конфигурирует, минимизируя эту ошибку.

3. Нейросети могут вырабатывать собственные, достаточно сложные алгоритмы обработки данных и, таким образом, решать неформализованные задачи.

Основное направление данного развития – интеллектуализация вычислительных систем, придание им свойств человеческого мышления и восприятия. Большинство неудач на пути усовершенствования искусственного интеллекта на протяжении последних 30 лет связано с тем, что для решения важных и сложных по постановке задач выбирались вычислительные средства, не адекватные по возможностям решаемой задаче, в основном из числа традиционных компьютеров. При этом, как правило, не решалась задача, а показывалась принципиальная возможность ее решения. Сегодня активное развитие компьютерных технологий создало объективные условия для построения вычислительных систем, адекватных по возможностям и архитектуре практически любым задачам искусственного интеллекта.

В Японии в прошлом году закончилась программа «Real world computing program», основная цель которой – создание эволюционирующей адаптивной ЭВМ. Основой разработки является нейротехнология, которая используется для распознавания образов, обработки

семантической информации, управления информационными потоками и роботами, способных адаптироваться к окружающей среде. В Австралии на данный момент уже создан коммерческий образец супернейрокомпьютера.

В истории вычислительной техники всегда были задачи, не решаемые традиционными компьютерами с архитектурой фон Неймана и для них переход к нейросетевым технологиям закономерен в случае увеличения размерности пространства или сокращения времени обработки. Можно выделить три участка применения нейросетевым технологиям: общий, прикладной и специальный.

Общие задачи сводятся к обработке нейронной сетью многомерных массивов переменных, например:

- Контроль кредитных карточек.

Сегодня 60% кредитных карточек в США обрабатываются с помощью нейросетевых технологий.

- Система выявления скрытых веществ с помощью системы на базе тепловых нейронов и с помощью нейрокомпьютера на заказанных цифровых нейрочипах.

Подобная система фирмы SAIC эксплуатируется во многих аэропортах США при обзоре багажа для выявления наркотиков, взрывных веществ, ядерных и других материалов.

- Система автоматизированного контроля безопасного сохранения ядерных изделий.

Перспективными задачами обработки изображений нейрокомпьютеров являются обработка аэрокосмических изображений (сжатие с восстановлением, сегментация, обработка изображений), поиск, выделение и распознавание на изображении подвижных объектов заданной формы, обработка потоков изображений, обработка информации в высокопроизводительных сканерах.

Обработка сигналов. В первую очередь - это класс задач, связанный с прогнозированием временных зависимостей:

- прогнозирование финансовых показателей;
- прогнозирование надежности электродвигателей;
- предвидение мощности АЭС и прогнозирование надежности систем электропитания на самолетах.

При решении этих задач наблюдается переход от простейших регрессионных и других статистических моделей прогноза до нелинейных адаптивных экстраполирующих фильтров, реализованных в виде сложных нейронных сетей.

Системы управления динамическими объектами. Это одна из самых перспективных, областей применения нейрокомпьютеров. В США и Финляндия ведут работы по использованию нейрокомпьютеров для управления химическими реакторами.

Перспективной считается разработка нейрокompьютера для управления подвижной установкой гиперзвукового самолета. Актуальной для решения с помощью нейрокompьютера является задача обучения нейронной сети изготовлению точного маневра истребителя, задача управления роботами: прямая, обратная кинематическая и динамическая задачи, планирование маршрута движения робота. Переход к нейрокompьютерам связан в первую очередь с ограниченностью объемов размещения вычислительных систем, а также с необходимостью реализации эффективного управления в реальном масштабе времени.

Нейросетевые экспертные системы. Необходимость реализации экспертных систем с алгоритмом нейросетей возникает при значительном увеличении числа правил и выводов. Примерами реализации конкретных нейросетевых экспертных систем могут служить система выбора воздушных маневров в ходе воздушного боя и медицинская диагностическая экспертная система для оценки состояния летчика.

Нейрочипы и нейрокompьютеры. Главным результатом разработки нейросетевых алгоритмов решения задачи является возможность создания архитектуры нейрочипа, адекватной решаемой задаче. Для реализации нейросетевых алгоритмов с использованием универсальных микропроцессорных средств эффективней создать архитектуру, ориентированную на выполнение нейросетевых операций, чем использовать стандартные алгоритмы, ориентированные на модификацию решения задачи.

В отличие от других направлений развития сверхпродуктивной вычислительной техники, нейрокompьютеры дают возможность вести разработки с использованием имеющегося потенциала электронной промышленности. Необходимо отметить ряд важных особенностей данных работ:

- данное направление разрешает создавать уникальные суперкомпьютеры на имеющейся элементной базе;
- разработки нейрочипов и нейрокompьютеров характеризуются переходом от цифровой обработки до аналого-цифровой и аналоговой;
- нейросетевые архитектуры по сравнению с другими приводят к активизации использования новых технологических направлений реализации: нейросистемы на пластмассе, оптоэлектронные и оптические нейрокompьютеры, молекулярные нейрокompьютеры и нанонейроэлементы; возникает потребность в универсализации САПР нейрочипов;
- создание технологии систем на пластмассе и нанотехнологии может привести к появлению новых сверхпараллельных архитектур. Начиная с нанонейроэлементов, мы вплотную подходим к принципиально новым архитектурным элементам, образующие сверхпараллельные высокопроизводительные вычислительные системы.

Таким образом, нейροкомпьютеры являются перспективным направлением развития современной высокопроизводительной вычислительной техники, а теория нейронных сетей представляет собой приоритетные направления вычислительной науки.

В настоящее время учёные пытаются применить принципы работы нервной системы для адаптивного управления в искусственных устройствах. Один из ведущих исследователей в данной области, Стив Поттер (США), пять лет назад сделал предпосылки к созданию нейрогибридного интеллекта: робот, управляемый не набором микросхем и ПО, а несколькими тысячами нейронов, взятых из крысиного мозга. Для управления были использованы микроэлектронные подложки с электродами в виде пластин, на каждой из которых была выращена культура нервных клеток, образующих сеть. В ходе экспериментов показано, что в создаваемых условиях клеточные культуры проявляют свойства самоорганизации.

Одним из лидеров в данном направлении выступает компания IBM. Специалисты IBM совместно с учёными из Института мозга и разума Швейцарской высшей политехнической школы (Лозанна) проводят исследования по симуляции коры головного мозга на суперкомпьютере.

За рубежом сегодня нейροкомпьютеры рассматривают не как некое экзотическое устройство, а как в меру традиционное средство решения задач на распознавание. В России ряд научных коллективов имеет в своем распоряжении и нейροкомпьютеры и супермашины для моделирования нейронных сетей, однако, их количество невелико, но следует ожидать в ближайшее время, в силу существующей «прозрачности» границ России, роста работ данного направления.

Тем не менее, нейροкомпьютеры не заменят полностью обычные компьютеры, поскольку «нейроподход» эффективен не для всех задач. Но в тех областях, где нейротехнологии имеют неоспоримые преимущества перед другими алгоритмическими методами, неизбежно произойдет постепенная замена существующих аппаратных средств и программ на нейροкомпьютеры и нейросетевое программное обеспечение, что отразится на многих областях социальной жизнедеятельности. По оценкам многих специалистов через 10 лет доля нейροкомпьютеров вырастет до 90%. Причина заключается в принципиально новой модификации архитектуры. Если в обычном компьютере за один такт счета совершается не более 4 операций сложения, то в нейροкомпьютерах – до 288.

Можно также предположить, что дальнейшее развитие нейробиологии, нейροкомпьютинга и связанных с ними нейроинформатики и нейроалгоритмики, ДНК-процессоров и т.д. уже в ближайшее десятилетие с неизбежной закономерностью вызовут настоящий прорыв в области нейροкомпьютерных технологий.

### **3. *Мозговые импланты. Мозг - Компьютер интерфейсы (МКИ)***



Гипотеза создания мозговых имплантов заключается в предположении, что вживленные в нервную систему микрочипы позволят кардинально улучшить состояние больных с различными нарушениями нервной системы, заменяя работу не только моторных, но и сенсорных систем, через создание слуховых и зрительных протезов.

2012 г. отмечен выдающимися достижениями в одной из наиболее интригующих областей исследования мозга – расшифровке мозговых нейронных кодов, отвечающих за организацию движения конечностей. Помимо фундаментальной значимости эти исследования представляют большой практический интерес: сегодня ученые вплотную приблизились к решению уникальной задачи – подключению к мозгу внешних электронно-механических исполнительных устройств, таких как искусственная рука.

Идея заключается в том, что с помощью специальной системы (нейроинтерфейса), регистрирующей активность нервных клеток моторной коры головного мозга и дешифрующей намерение человека совершить то или иное движение, мозг напрямую соединяется с внешними исполнительными устройствами. Это позволит здоровому человеку расширить сферу своих манипуляций, а инвалиду – получить функциональное замещение отсутствующих конечностей. При этом регистрирующие электроды могут либо вживляться в мозг, что требует сложной нейрохирургической операции, либо просто закрепляться на голове, как это делается при снятии электроэнцефалограммы. Однако реализация данной идеи на практике встречается с рядом трудностей. Действительно, если бы имелась возможность перехватывать «мозговой план» человека по совершению движения, то его можно было бы в реальном времени трансформировать в команду для того же протеза, который бы стал исполнителем замысла человека.

Среди достижений в области использования интерфейса мозг–компьютер в первую очередь нужно отметить широко известные исследования нейробиологов Д. Чапина (Университет Нью-Йорка, США) и М. Николелиса (Медицинский центр при университете Дьюка, США). В их опытах на животных, в кору головного мозга которых были вживлены электроды, управляемый «силой желания» манипулятор подавал крысе поилку, а обезьяне бутылочку с соком, как только у последних появлялось желание утолить жажду. Положительные результаты были получены и в исследованиях на людях, по той или иной причине лишенных двигательной функции. В 1999—2000 гг. Ф. Кеннеди и Р. Бакей (Университет Эмори, Атланта, США) впервые вживили электроды для регистрации активности нервных клеток пациенту, полностью обездвиженному после автомобильной катастрофы. В результате человеку, многие годы пребывавшему в состоянии вынужденного бездействия, удалось «силой мысли» двигать курсор по экрану компьютера и набирать тексты. Аналогичный эксперимент был проведен в 2005 году. Это сделала группа учёных во главе с Джоном Донахью, известным физиологом из Университета Брауна (США) и основателем компании Cyberkinetics, Пациенту, парализованному после инсульта, в мозг ввели

микроэлектроды, при помощи которых компьютер измерял электрические импульсы его мозга и преобразовывал их в команды для управления курсором [101].

Научная оценка надежности целевых действий таких испытуемых свидетельствует, что ошибки составляют 25 – 40 %, и обусловлены они преимущественно недостаточно точной расшифровкой намерений. К тому же человеку с вживленными электродами никогда не удавалось достигнуть более или менее естественного управления протезом: все ограничивалось выполнением нескольких целевых движений.

В 2012 г. американские журналы Nature и The Lancet опубликовали результаты работ двух научных коллективов, где в качестве испытуемых выступили люди, больные тетраплегией (параличом всех конечностей), т.е. полностью лишённые двигательной функции. Группа исследователей под руководством Донахью сообщила о первом успешном испытании протеза руки, управляемого непосредственно мозгом пациентов – женщины 58 лет и мужчины 66 лет, которые в течение многих лет были полностью обездвижены и лишены речи в результате инсульта. В мозг испытуемых, в зону, отвечающую за движения правой руки, была вживлена матрица 4×4 мм из тонких (40 – 50 мкм) игольчатых электродов длиной 1,5 мм. Оба пациента научились подводить манипулятор к целевому предмету и захватывать его, но добиться полноценного владения протезом с помощью нейротехнологии не удалось – испытуемые смогли управлять протезом лишь в рамках ограниченного набора трафаретных движений [32, 38, 47].

Результативнее оказалась работа второй группы исследователей под руководством Э. Шварца, заведующего лабораторией «MotorLab» (Университет Питтсбурга, США).

Пациентка с заболеванием тетраплегией, но с сохранённой речью, управляла манипулятором как собственной рукой. Ведущим экспериментальным методом Э. Шварца является регистрация электрической активности нейронов моторной коры головного мозга. Пациентке было вживлено две матрицы по 96 электродов, с помощью которых удавалось регистрировать активность до 270 корковых нейронов одновременно, после чего ей было предложено просто наблюдать за движениями манипулятора, управляемого компьютером, и представлять себе, что эти действия совершает её рука. Предполагалось, что одно только наблюдение этого действия будет модулировать активность нейронов, таким образом, создавая основу для вычисления специфического суммарного вектора направления движения. Когда на второй день после окончания двухнедельного курса «тренировки» манипулятор подключили к мозгу пациентки, она смогла обменяться рукопожатием с участником эксперимента, используя кисть манипулятора, и, спустя 14 недель, уже манипулировала искусственной рукой с надёжностью 91,6 %. Работы коллектива лаборатории Э. Шварца стали триумфом технологии интерфейсов мозг–компьютер.

Группа Теодора Бергера, известного нейробиолога из Университета Южной Калифорнии, занимается созданием электронного прототипа гиппокампа, который отвечает за перекодировку информации из краткосрочной памяти в долговременную, для замены повреждённого. Предполагается, что такой микрочип, внедрённый в мозг, сможет выполнять те же функции.

Технологии нейрокомпьютерных интерфейсов сегодня разрабатываются не только за рубежом, но и в России. В настоящее время в лаборатории нейрофизиологии и нейрокомпьютерных интерфейсов МГУ имени М.В. Ломоносова под руководством профессора А.Я. Каплана разработаны многоцелевые нейрокоммуникаторы для набора текстов и выдачи управляющих команд с надёжностью не менее 95% и скоростью набора до 12-15 символов/команд в минуту. В этой лаборатории для пациентов с тяжёлыми расстройствами двигательной системы разрабатываются также нейротренажеры, основанные на расшифровке двигательных намерений пациентов по электрической активности их мозга. На этой основе в нейротренажере формируются команды для исполнения соответствующих действий экзопротезными устройствами или соответствующими сегментами тела андроидных роботов или фантомов конечностей для идеомоторной тренировки, основанной на представлении целевых движений.

В Институте высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН (Москва) под руководством д.б.н. Г. А. Иваницкого и д.б.н. А. А. Фролова разрабатываются эксклюзивные алгоритмы классификации паттернов электроэнцефалограммы, позволяющие ученым создавать прототипы интерфейсов мозг-компьютер, которые в будущем предоставят постинсультным пациентам возможность овладеть парализованными частями тела с помощью управляемых мозгом экзопротезов.

В Институте нейрокибернетики им. А.Б. Когана (Ростов-на-Дону) под руководством профессоров Б.М. Владимирского и В.Н. Кироя на основе технологий интерфейсов мозг-компьютер разработаны системы управления инвалидной коляской, которые уже в недалеком будущем позволят больным передвигаться без посторонней помощи. В более же далекой перспективе такие технологии дадут нам возможность управлять тихходными передвижными средствами.

На современном рынке шведской компанией Interactive Productline представлена игра Mindball, в которой два игрока должны с помощью электрической активности своего мозга управлять движениями катящегося по столу мячика.

Игроки надевают на лоб повязки с датчиками, регистрирующими активность различных областей мозга. Датчики связаны с компьютером, который с помощью спрятанных под столом магнитов управляет перемещением стального мячика по игровому полю. Побеждает тот, кто сумеет максимально расслабиться, тогда мяч покатится к воротам противника.

На рынке представлен продукт австралийской компании, разрабатывающей электронику нейрокомпьютерных интерфейсов на основе электроэнцефалографии (ЭЭГ) – Emotiv EPOC – периферическое устройство для игр на Windows ПК, позволяющее контролировать и воздействовать на игры мыслями и выражением лица игрока. Оно соединяется с компьютером по беспроводной технологии и в будущем может работать на других платформах, таких как консоли.

Сотрудники компании Guger Technologies разработали *intendiX® SPELLER* – программно-аппаратный комплекс на основе регистрации когнитивных потенциалов в ЭЭГ, предназначенный в первую очередь для парализованных пациентов больниц. Интерфейс готов к использованию через 10 минут настройки. После тренировки можно набирать тексты с экранной клавиатуры на скорости до 5-10 символов в минуту путём концентрации внимания на строках и столбцах, мерцающих поочерёдно. *Intendix* позволяет также подавать различные управляющие сигналы по желанию пользователя, озвучивать текст, отправлять документы на печать и по электронной почте.

#### **4. Когнитивные науки**

Это совокупность наук о познании, междисциплинарном исследовании приобретения и применения знаний, являющихся эффективным инструментом исследования сознания, поведения и мозга человека.

Физиологические исследования в сочетании с изучением анатомии и морфологии головного мозга привели к однозначному заключению – именно головной мозг является инструментом нашего сознания, мышления, восприятия, памяти и других психических функций. Основная трудность исследования заключается в том, что психические функции чрезвычайно сложны. Психологи исследуют эти функции своими методами (например, при помощи специальных тестов изучают эмоциональную устойчивость человека, уровень умственного развития и другие свойства психики). Характеристики психики исследуются психологом без «привязки» к мозговым структурам, т.е. психолога интересуют вопросы организации самой психической функции, но не то, как работают отдельные части головного мозга при осуществлении этой функции.

Острые поражения головного мозга при инсультах, черепно-мозговых травмах и нейроинфекциях приводят не только к двигательным или чувствительным расстройствам, но и к изменениям в познавательной сфере человека. Нарушения восприятия, памяти, внимания, речи, мышления и самоконтроля существенно ухудшают качество жизни больных и мешают им возвратиться в их прежнюю социальную среду. Актуально развитие технологий, способствующих восстановлению когнитивных функций и связанных с ними повседневных навыков у больных с очаговыми повреждениями головного мозга [12, 22, 23, 51, 56, 33].

Если в 1980-х годах под когнитивной реабилитацией (КР) чаще всего понималась совокупность техник, направленных на восстановление расстройств восприятия, памяти и речи у больных с повреждениями головного мозга, то в настоящее время, согласно определению D.I. Katz (2008) [43], КР представляет собой «систематически применяемый комплекс лечебных воздействий, направленный на улучшение когнитивных функций и повышение возможности участия пациента в деятельности, ограниченной из-за расстройств в одной или более когнитивных сферах». Когнитивная реабилитация осуществляется, прежде всего, в процессе речевой терапии, ухода за больным, эрготерапии и профессиональной терапии. Нейропсихолог с учетом характера нарушенных у больного когнитивных функций предлагает членам реабилитационной бригады стратегии для восстановления его навыков жизнедеятельности.

Основными стратегиями КР считаются [3]:

- содействие естественному восстановлению психических функций;
- восстановительные тренировки как отдельных когнитивных функций, так и прежних повседневных навыков;
- обучение больного стратегиям компенсации как дефицита отдельных когнитивных функций, так и ограничений повседневной активности;
- использование внешних компенсаторных устройств и посторонней помощи;
- реорганизация и структурирование внешней среды.

В течение последних 20 – 30 лет в КР активно внедряются новейшие технические средства. В соответствии с ведущими стратегиями КР области применения таких новых технологий можно разделить на три целевые группы:

- мониторинг нейрофизиологических процессов, составляющих биологическую основу когнитивных функций, для оптимизации выбора и оценки эффективности стратегий КР;
- инструментальное содействие восстановлению значимых для повседневной жизни больного повседневных навыков на базе измененной болезнью нейробиологической структуры;
- встраивание в индивидуальные когнитивные системы специализированных устройств, компенсирующих возникшие в связи с болезнью ограничения собственных ресурсов пациента.

В мониторинге нейрофизиологических процессов, составляющих основу когнитивных функций, «выдающуюся роль играют когнитивные технические системы», которые снабжены специальными модулями для объективизации индивидуальных особенностей восприятия, внимания, имплицитной и эксплицитной памяти, а также системы принятия решений. Решение этих задач крайне важно, поскольку именно индивидуальные особенности ранее оставались недоступными для внешнего контроля и возможной коррекции. Существуют многочисленные примеры того, как может осуществляться подобный мониторинг в системе обработки

видеоизображений регистрации движений глаз, в измерении характеристик локомоторных реакций, в регистрации порогов осознания сенсорных сигналов по моторным отображениям.

Для восстановительных тренировок отдельных психических функций в остром периоде заболевания или травмы головного мозга за рубежом в последние годы все шире стали использоваться системы виртуальной реальности, включающие наборы стандартизированных и хорошо оформленных заданий, выбор упражнений заданного уровня сложности и биологическую обратную связь [57]. К недостаткам компьютерных тренировок, однако, относят невозможность тонкой дифференциации упражнений в зависимости от индивидуальных особенностей, выявляемых у больного расстройств, а также отсутствие генерализации достижений, наблюдаемых в процессе занятий, на проблемы повседневной жизни.

Восстановление навыков повседневной активности и социального поведения больных в результате компьютерных тренировок почти невозможно. Для оптимизации работы по восстановлению повседневных навыков разработаны эффективные стратегии видеотерапии: видеозаписи предоставляют больным с нарушением осознания болезни (анозогнозия при поражении теменных долей либо снижение критики при лобной дисфункции) объективную обратную связь, позволяющую пациенту взглянуть на себя со стороны и лучше осознать свои слабые и сильные стороны, что помогает точнее определить терапевтические задачи.

На этапе компенсации когнитивного дефицита для адаптации больного к повседневной жизни применяются специализированные микропроцессорные устройства. Так, например, для компенсации нарушений памяти используются электронный органайзер, электронные диктофоны, голосовой органайзер. Другой пример: для реабилитации людей с грубыми нарушениями автобиографической памяти применяется цифровая камера «SenseCam», автоматически делающая снимок окружающего пространства каждые тридцать секунд; в результате после просмотра видеозаписи пациент способен вспомнить до 90 % событий и удерживать их в памяти до двух месяцев.

Найдены эффективные средства компенсации расстройств систем планирования у пациентов с повреждением мозга: удаленный компьютер передает пациенту на его личный «нейропейджер» в нужный день и в нужное время актуальное задание. При синдроме зрительно-пространственного невнимания у больных с инсультом эффективна терапия с использованием зеркального отражения, а также клинообразных призматических линз, при надевании которых окружающее пространство начинает представляться сдвинутым в правую или левую сторону. Безусловно, использование новых технологий открывает новые возможности в КР, но, ни в коей мере не отменяет необходимости активного участия в реабилитационном процессе сотрудников реабилитационной бригады, родственников пациента и самого больного, объединяющих свои

усилия для постановки важных для больного реабилитационных целей и его мотивации к решению поставленных задач.

На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что реализация всех указанных исследовательских направлений и внедрение полученных результатов будут иметь значительный социально-экономический эффект, приведя к решающему снижению летальности, смертности и инвалидизации, увеличению продолжительности жизни и ее качества. Это позволит внести существенный вклад в совершенствование системы охраны здоровья населения в Российской Федерации. Будут раскрыты ключевые молекулярные, клеточные, патохимические и нейрофизиологические механизмы пластичности нервной системы в норме и при различных типах патологических процессов, что позволит совершить качественный прорыв в развитии нейронаук, когнитивных исследований и создании прототипов искусственного интеллекта.

## **1.2 Перечень технологий, которые надо создать для развития приложений с указанием сроков их возможного появления**

### **1.2.1 Нейрокомпьютерные технологии**

Данное направление нейротехнологий условно можно разделить на две группы:

1. Создание Мозг – компьютерных интерфейсов, базирующихся на прямой имплантации чипов в человеческий мозг.

Мозг – компьютерные интерфейсы – системы коммуникации человека с машиной, основанные на непосредственном преобразовании намерений человека, отраженных в регистрируемых сигналах мозга, в управляющие команды, – дают надежду людям с ограниченными возможностями на восстановление утраченных функций или получение устройств, обеспечивающих их возвращение к нормальной жизни.

Сегодня ученые приблизились к созданию и успешному использованию нейропротезов, которые могут по своим характеристикам превзойти человеческие органы. Современные исследования функционирования мозга дают основания полагать, что в ближайшее время будут разработаны технологии, позволяющие эффективно и безопасно выявлять неблагоприятные функциональные состояния мозга человека, облегчать болевой синдром, проводить коррекцию неблагоприятных психологических состояний.

В результате развития данных технологий будут созданы новые мозг-машинные интерфейсы, нейрогибридные управляющие устройства и имплантаты, технологии восстановления специфических функций мозга, новые диагностические протоколы.

Реализация данного научного направления позволит существенно расширить понимание механизмов функционирования мозга, даст ключ к лечению его повреждений, приведет к созданию устройств, повышающих качество жизни людей с ограниченными возможностями.

## 2. Создание интерфейсов, построенных на биологических связях.

Большое внимание уделяется не только созданию нейропроцессоров, но и построению нейросетей на основе компьютеров. Так, в июне 2012 года исследователи компании Google запустили нейросеть на кластере 1000 серверов (16 тыс. процессорных ядер; 1,7 млрд. связей между нейронами). Эксперимент стал одним из самых масштабных, при этом система изначально имела практическую направленность.

После успеха компании Google нейронную сеть решила создать компания NVIDIA на основе собственных GPU совместно с командой ученых из Стэнфордского Университета. Крупнейшая в мире искусственная нейронная сеть предназначена для изучения процесса обучения человеческого мозга. Данная сеть получилась в 6,5 раз больше аналога, созданного командой Google, для ее создания были использованы 16 серверов на базе графических процессоров NVIDIA (11,2 млрд. параметров).

В целом, самообучаемая нейросеть — это универсальный инструмент, который можно использовать для различных массивов данных. Основой функционирования подобных систем является моделирование способов переработки информации головным мозгом живых организмов. Данный термин используется для описания архитектуры сети или компьютера, которые имитируют биологические функции мозга. Нейронная обработка программного обеспечения дает возможность адаптироваться к изменяющимся ситуациям и улучшает свою производительность, как только становится доступно больше информации.

В целом многолетние усилия большого числа исследователей привели к накоплению огромного числа различных архитектур, правил обучения, аппаратных реализаций и приемов использования нейронных сетей для решения прикладных задач. В последнее десятилетие прилагаются серьезные усилия для стандартизации структурных элементов существующих нейронных сетей.

Актуальные задачи, которые решаются с использованием нейрокомпьютерных технологий:

1. Разработка нейрокогнитивных устройств и роботизированных систем, управляемых с помощью интерфейса «мозг–компьютер», для улучшения качества жизни людей с ограниченными возможностями.

2. Разработка технологий восстановления утраченных функций у людей с черепно-мозговыми травмами, локализованными болезнями мозга, болезнями, связанными с нарушениями передачи импульсов от нейронов к нейронам.



3. Выявление ключевых элементов в системах сигналов и управления активностью сетей живых нейронов, выполняющих адаптивные задачи управления.
4. Создание нейросетевых экспертных систем.
5. Создание и управление базами данных с включением нейросетевых алгоритмов.
6. Управление различными динамическими системами.
7. Создание систем искусственного интеллекта и виртуальной реальности.

### **1.2.2 Нейрокогнитивные технологии**

Когнитивные технологии направлены на изучение субстрата и механизмов, стоящих за такими формами сложного поведения, как эмоции, язык, внимание, память и т.д. Методы, используемые когнитивными нейротехнологиями, включают в себя экспериментальные парадигмы экспериментальной психологии, неврологии, нейроимиджинговые исследования нервной системы, а также подходы поведенческой генетики и математическое моделирование на стыке теоретической нейробиологии и инженерии. Научный прорыв в области сканирования мозга позволил исследователям в области когнитивных нейронаук исследовать работу мозга в режиме реального времени при использовании таких методов, как функциональная магнитно-резонансная томография (ФМРТ), магнитная и электроэнцефалография (МЭГ, ЭЭГ), и инфракрасная спектроскопия. Понимание механизмов переработки информации нервной системой, открывает новые возможности для оптимизации информационных технологий, создания технологий принятия оптимальных решений, реабилитации пациентов с когнитивными нарушениями, создания принципиально новых систем управления информационной средой (мозг-компьютер интерфейсов).

#### **1. Когнитивные нейротехнологии оптимизации принятия решений.**

Современная сложность управления состоит, как в кризисе существующих нормативах теорий принятия решения, так и в существенном падении возможностей контролировать и прогнозировать поведение социальных систем. В первую очередь - поведение в области финансово-экономических процессов, лежащих в основе получения и распределения ресурсов, и в этом смысле определяющих существование и развитие общества. Одна из основных причин данной сложности управления заключается в быстром развитии и в существенном влиянии на деятельность общества таких технологий активности социальных систем, которые принципиально сложно регулировать нормами и институтами регулирования. Эта причина требует совершенствования существующих и, возможно, создания новых институтов управления активностью социальных систем «со стороны общества» (а не только регулирования нормативными актами).

В настоящее время нейробиологические подходы синтезируются с экономической теорией и психологическими подходами в новую область знания – Нейробиология принятия решений или Нейроэкономика, которая позволяет понять эволюционные механизмы процесса принятия решений и природу неоптимальных решений. Данный ряд когнитивных нейротехнологий направлен на понимание и коррекцию неоптимальных решений в различных экономических, социальных контекстах и у разных возрастных, социальных групп, включая пациентов страдающих нейродегенеративными заболеваниями.

В настоящее время на деятельность наиболее сложных социальных систем значительно влияет ментальное ограничение индивидуальных возможностей управления, доставшееся человеку в результате эволюции его мышления. Данный факт требует развития когнитивных технологий управления, способных уменьшать влияние ментальных ограничений управления (или снимать такие ограничения).

## 2. Нейромаркетинг

Нейромаркетинг означает использование нейросканирующих технологий для решения задач, важных для маркетинговых исследований, понимания механизмов маркетинга, разработки оптимальных методов социальной рекламы и изменения неблагоприятных стереотипов поведения. Основной из таких задач является потребность в объективной оценке нейрофизиологических коррелятов восприятия и принятия человеком решений, взаимодействия людей, их эмоционального и рационального поведения, включая, конечно, и потребительское поведение. Возможность регистрации нейробиологических коррелятов процесса принятия решений открывает возможности к оптимизации технологий внешнего воздействия (коррекции) на процессы принятия решений на всех этапах его формирования. Использование таких технологий для изучения нейрофизиологических основ принятия решений должно привести к существенному расширению наших знаний о поведении человека.

3. Теоретические исследования и компьютерное моделирование когнитивных процессов в норме и патологии:

- построение серии усложняющихся моделей когнитивных систем, воспроизводящей эволюцию восприятия и сознания;
- крупномасштабные (многоуровневые) математические модели мозга;
- модели психики, обучения, памяти и эмоций;
- анализ генетических основ вариативности когнитивных функций в норме и патологии;
- создание алгоритмов детекции различных когнитивных процессов в реальном времени методами нейроимиджинга.

Актуальные задачи, которые решаются с использованием нейрокомпьютерных технологий:

1. Изучение активности мозга в процессе выполнения различных когнитивных задач.
2. Изучение аспектов механизмов когнитивных функций, в исследованиях памяти, обучения, внимания, речи, принятия решений, сознания в норме и патологии.
3. Реализация 3-х мерной реконструкции активности мозга с клеточным разрешением в различных модальностях.
4. Создание коннектома мозга.
5. Проведение реконструкции эволюции мозга.
6. Разработка новых и развитие существующих парадигм и теорий нейрокомпьютеров и нейронных сетей, реализующих: неравновесность, внутреннюю активность, неоднородность, эмоциональность и живучесть искусственных функциональных систем.
7. Развитие исследований по созданию моделей сознания и личности.
8. Разработка более точных методов нейрокартирования – усовершенствование методов предоперационного картирования когнитивных функций мозга, необходим для предотвращения нарушения когнитивных функций в ходе оперативного хирургического вмешательства.
9. Разработка новых методов нейрореабилитации – создание нейротехнологий по восстановлению нарушенных когнитивных функций центральной нервной системы.
10. Разработка принципиально новых когнитивных технологий мозг-компьютер интерфейсов (МКИ) и нейропротезирования – переход к более сложным алгоритмам работы нейроинтерфейсов, построенных на достижениях в понимании механизмов реализации мозгом когнитивных функций (внимания, памяти, принятия решений и др). Разработка более эффективных искусственных органов чувств.
11. Понимание связи нарушений, изменений когнитивных функций с генетической информацией, для разработки методов коррекции врожденных нарушений ЦНС.

### **1.2.3 Технологии нейробиологии**

Изучение мозговой организации мышления проводится в рамках комплексного метода изучения мозга и методологии психофизиологии.

1. Технологии нейроимиджинга и регистрации нейрональной активности.

Данные технологии позволяют получить достаточно полную локальную информацию о работе мозга на микроуровне. Направление развития этих технологий позволяет утверждать, что в ближайшие годы будет получена возможность сканирования всего мозга с субклеточным разрешением. Для технологий нейроимиджинга, необходимых для считывания индивидуального опыта организма, используются следующие методы:

- Методы трехмерной структурной реконструкции мозга.

- Серийная блок-фэйс визуализация.
- Оптическая молекулярная томография.
- Многоцветное флуоресцентное мечение.
- Увеличение площади покрытия сканирующей электронной микроскопии.
- Уменьшение толщины срезов за счет использования травления ионным пучком (микроскопия с фокусированным ионным пучком).
- Совмещение оптических методов и электронной микроскопии.
- Диффузионная тензорная визуализация.
- Регистрация нейрональной динамики.
- Методы трехмерной компьютерной реконструкции и анализа данных нейровизуализации.

2. Технологии исследования физиологических механизмов сознания, как основа для построения компьютерной модели.

- Возникновение и поддержание функциональных популяции нейронов.
- Соотношение между популяционной нейрональной активностью и целенаправленной деятельностью.
- Нейрональные и системные механизмы различных форм памяти.
- Идентификация всех типов клеток нервной системы, и их регионализации.
- Идентификация детальной структуры связей клеточных популяций.
- Эволюционная нейрофизиология.
- Сравнительная анатомия нервных систем.
- Реконструкция прогрессивной эволюции механизмов обучения.

Актуальные задачи, которые решаются с использованием нейрокомпьютерных технологий:

1. Изучение мозговой организации мышления проводится в рамках комплексного метода изучения мозга и методологии психофизиологии.
2. Изучение механизмов, управляющих мозговой организацией творчества.
3. Изучение связи детекции ошибок с процессами оптимизации функционального состояния мозга.
4. Мультимодальные исследования для изучения эмоций и других психических процессов.

### **1.3 Перечень научных задач, которые необходимо решить для создания технологий**

1. Исследование, разработка и создание гибридных, биоподобных и искусственных биологических, структур и систем, а также интеллектуальных технических нейросистем, устройств и их компонентов.

Необходимо моделирование когнитивных функций в системах искусственного интеллекта, а также в технических системах: адаптивных человеко-машинных интерфейсах, интерфейсах мозг-компьютер и глаз-мозг-компьютер, антропоморфных и нейроморфных роботах.

2. Разработка подходов к интеллектуализации вычислительных систем, придание им свойств человеческого мышления и восприятия на основе нейронных сетей для минимизации ошибок.

Необходима разработка технологий фармакологической, физической и когнитивной модуляции функций мозга человека и животных, включая восприятие, память и обучение. Необходимо изучение эволюции когнитивных функций, связанных со специализированными отделами коры и раскрыт характер взаимосвязи структурно-функциональной организации этих отделов с различиями способностей человека; на основе генетических, нейрофизиологических и когнитивных исследований мозга будут подготовлены рекомендации по оценке профессиональной пригодности.

3. Разработка и создание мозг-компьютерных интерфейсов, нейрогибридных управляющих устройств и имплантов, направленных на восстановление специфических функций мозга, включая новые диагностические протоколы.

Необходимо разработать и апробировать в клинических условиях технологии мозго-машинных интерфейсов на основе биометрических каналов управления (ЭЭГ, ЭМГ, движений глаз и др.) и мультимодальной обратной связи для обеспечения пациентов после инсульта и черепно-мозговых травм, а также при нейродегенеративных заболеваниях, нейроэлектронными системами и экзоскелетными конструкциями, восполняющими коммуникативную и двигательные функции.

4. Разработка экзоскелета для восстановления двигательной активности людей с повреждениями спинного и головного мозга.

Основные направления исследований с использованием нейротехнологий сфокусированы на клиническом применении нейрональных протезов для парализованных пациентов после инсульта, травм, нейродегенеративных заболеваний и т.д. Комплексные исследования и разработки новых приборов позволят создать уникальные интерфейсы для активации определенных нейрональных сетей участвующих в когнитивной деятельности человека.

Для достижения намеченных целей необходимо развитие и усовершенствование следующих направлений и технологий:

- Дальнейшее развитие новых технологий интерфейс мозг-компьютер с конечной

целью получения простого, имплантируемого, с низким уровнем риска, с долгим сроком жизни интерфейсом ввода/вывода информации.

– Улучшение обработки сигнала и разрешения (до уровня единичного нейрона) интерфейсов мозг-компьютер.

– Использование интерфейса мозг-компьютер для регистрации, декодирования и понимания сигналов мозга и их связи на функциональном и структурном уровнях того, как информация передается, обрабатывается и хранится в мозге.

– Дальнейшее развитие технологий интерфейс мозг-компьютер для протезирования и восстановления утраченных функции после травмы или патологии.

– Переход клинически апробированных устройств к возможному применению в повседневной жизни.

5. Исследование новых методов ранней диагностики, лечения и предотвращения нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона, эпилепсия и травматические повреждения мозга.

Необходимо создать и охарактеризовать новые фармакологические и генетические модели, воспроизводящие ключевые звенья патогенеза острых, хронических и врожденных неврологических и психических заболеваний, необходимые для поиска диагностических маркеров и использования в качестве тест-систем для разработки патогенетической терапии.

Необходимы новые технологии комплексной доклинической диагностики нейродегенеративных заболеваний, в первую очередь, болезни Паркинсона и болезни Альцгеймера, путем идентификации периферических биомаркеров (плазма и клетки крови, ликвор) у больных и на экспериментальных моделях на основе геномики, протеомики и метаболомики, а также - на основе когнитивных и фармакологических провокационных тестов.

Необходимо разработать инновационные подходы к нейропротекторной фармакотерапии и иммунотерапии терапии заболеваний мозга, стресса и пограничных состояний на основе поиска новых молекулярных мишеней, направленного поиска и отбора перспективных лекарственных кандидатов и создания средства их доставки к определенным группам нейронов через гематоэнцефалический барьер или, минуя его, например, интраназально.

6. Решение проблемы увеличения продолжительности жизни человека с сохранением высокой работоспособности и умственной активности.

Необходимо создать и экспериментально апробировать генно-инженерные и клеточные технологии, в частности, на основе перепрограммирования клеток с целью замещения в мозге утраченных специализированных нейронов. Необходимо создать специфические генно-инженерные конструкции для трансфекции нейронов и глии. В последующем клетки с

модифицированным геном будут имплантироваться в патологически измененные отделы мозга, при этом будет проводиться оценка их функциональной активности и терапевтического эффекта.

#### **1.4 Государственная политика ряда стран в отношении развития данного направления**

В настоящее время понимание устройства и принципов работы головного мозга человека является центральной проблемой всей мировой науки. Интерес к этим научным исследованиям в мире настолько высок, что Организация Объединенных Наций приняла решение назвать первое десятилетие XXI века декадой изучения мозга. Об актуальности и необходимости выяснения устройства головного мозга и принципов его работы для всей мировой цивилизации говорят очевидные факты создания и запуска ряда глобальных научно-исследовательских проектов по изучению мозга с сопутствующим государственным финансированием:

- «Connectom» (2005 – 2015 г., США, финансирование 100 млн. долларов США);
- «Blue Brain» (2006 г. Швейцария 100 млн. евро);
- «Human Brain Project» (НБР) (2012 – 2022 г., Еврокомиссия Евросоюза, финансирование 1 млрд. 190 млн. евро);
- «BRAIN Initiation» (2013 г. Правительство США, 2014 – 2024 г., финансирование 3 млрд. долларов США по 300 млн. долларов в год);
- «Big Brain» (США, корпорация Microsoft, 60 млн. долларов США);
- «Brainnetome» (2013 г. Китай, 200 млн. юаней).

При этом отметим, что в понимании нуждаются не анатомическое строение и нейрофизиологические процессы, происходящие в головном мозге - данные аспекты не вызывают вопросов и сомнений, но не решена фундаментальная проблема понимания базовых принципов работы головного мозга, его физических и биохимических основ устройства.

Понимание человеческого мозга является одной из задач, стоящих перед наукой XXI-го века, - постулируется в итоговом отчете международного европейского проекта «Human Brain Project» (НБР), посвященного изучению головного мозга человека и уже принятого Еврокомиссией к исполнению. В период его подготовки сотни ведущих авторитетных ученых Европы (неврологов, нейроморфологов, нейропсихологов, нейрофизиологов, специалистов по нейрокомпьютерным технологиям и нейроробототехнике и других) в течение 2011 – 2012 года изучали современное состояние проблемы исследований головного мозга в европейских странах (Подготовительное исследование НБР-PS) и для независимой оценки существующего уровня нейроисследований, проводимых по всему миру, в целях изучения устройства и принципов

работы головного мозга. Они пришли к заключению о том, что накоплено достаточное количество разрозненных и фрагментарных фактов об устройстве и работе мозга, но нет единой унифицированной теории работы мозга и не выяснены принципы, положенные в основу его работы. Также было установлено, что уровень технологий молекулярной биологии, генетики и постгеномных технологий в нейробиологии критически сблизился с технологиями информатики и компьютерных вычислений, что позволит сделать в ближайшие годы серьезный прорыв в понимании мозга. Европейские исследователи вынесли научно-обоснованное экспертное заключение о реальной возможности создания инновационной методологии системного подхода к исследованиям и разработке рабочей модели, основанной на новом информационном понимании устройства и принципов работы мозга.

Выборочно приведем краткое описание программ по изучению мозга на примере Соединенных Штатов Америки (США) «BRAIN Initiative», Китайской народной республики (КНР) «Brainnetome», стран Европейского Союза (ЕС). Данный выбор обоснован вышеприведенными аргументами по реализации и поддержке направления Нейрофизиология в части государственной политики, финансирования и прогнозирования развития.

#### **1.4.1 Соединенные Штаты Америки (США)**

В США в апреле 2013 года была принята программа развития исследований в области нейронаук – BRAIN Initiative (Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies). Глобальная цель данной программы заключается в развитии революционных исследований, которые помогут понять человеческий мозг, найти новые пути лечения и предотвращения нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера, эпилепсия и травматические повреждения мозга [104].

«BRAIN Initiative ускорит развитие и применение новых технологий, что позволит осуществлять динамические исследования мозга, демонстрирующие, как отдельные клетки мозга и комплексные нейронные сети взаимодействуют друг с другом в процессе мышления. Эти технологии откроют новые возможности для понимания того, как происходит в мозге запись, обработка, использование, хранение и извлечение огромных объемов информации, и прольют свет на комплексные связи между функциями мозга и поведением» [34].

Основные инвестиции в исследования из бюджета США в 2014 году составят примерно 100 млн. долларов, в 2015 году – 200 млн. долларов и будут распределены между тремя организациями: агентством DARPA (исследование динамических функций мозга и демонстрация прорывных приложений, основанных на этих открытиях), Национальным институтом здоровья (НИИ) (развитие новых инструментов, обучающих программ и других ресурсов), Национальным



научным фондом (NSF) (развитие исследований в области биологии, физики, инженерных, компьютерных, социальных и поведенческих наук) [107].

Данная программа предполагает тесное сотрудничество государственных организаций с частными компаниями, фондами, частными исследовательскими институтами, которые также будут инвестировать средства в соответствующие исследования в области нейронаук: The Allen Institute for brain science будет выделять ежегодно 60 млн. долларов на исследование активности мозга, приводящей к восприятию, принятию решений и, в конечном счете, действию; Howard Hughes medical institute – ежегодно 30 млн. долларов на развитие новых технологий визуализации и понимания, как информация хранится и обрабатывается в нейронных сетях; Kavli Foundation – 4 млн. долларов ежегодно в течение 10 лет на расширение знаний в области лечения инвалидизирующих заболеваний и состояний; Salk Institute for biological studies – 28 млн. долларов на развитие глубокого понимания мозга от отдельных генов до нейрональных сетей и поведения [106, 107].

В рамках программы BRAIN Initiative Национальный институт здоровья США предполагает стратегию развития BRAIN 2025, которая включает в себя развитие в течение первых пяти лет технологии в области нейронаук, а в следующие пять лет – сосредоточение на интеграции технологий в фундаментальные исследования мозга, таким образом, на первом этапе развитие технологий будет стимулироваться уже существующими научными открытиями, тогда как на втором этапе технологии будут определять научные открытия. Приоритетным направлением развития определен анализ сетей взаимодействия нейронов, как потенциально приводящий к революционным достижениям. Поскольку понимание этих сетей требует идентификации и описания компонентов клеток, определения их синаптических связей друг с другом, выявления их динамических паттернов активности в качестве схемы функционирующей *in vivo*, а также понимания алгоритмов, регулирующих обработку информации в этих сетях и между взаимодействующими сетями в мозге, то, в целом, это позволит осуществить качественный сдвиг во многих областях нейронаук.

Национальный институт здоровья США выделил следующие цели, достижение которых необходимо для развития нейронаук:

1. Идентификация и обеспечение доступа к различным типам клеток мозга для определения их роли в здоровом и больном организме, что позволит охарактеризовать все типы клеток в нервной системе и развить технологии для записи, мечения и манипулирования конкретной выбранной клеткой в живом мозге. Предполагается, что при этом будет достигнуто системное видение на нейроны и глиальные клетки, будут развиты новые генетические и негенетические инструменты для доставки генов, белков, лекарственных средств к интересующим клеткам животного и человеческого мозгов.

2. Создание принципиальных схем в масштабе с разрешением от синапсов до целого мозга. Создание карт связанных нейронов в локальных сетях и распределение систем мозга приведет к пониманию взаимосвязи между нейрональной структурой и функцией. При этом развитие технологий будет идти по пути ускорения процесса выполнения анализа, удешевления и масштабируемости для анатомической реконструкции нейронных сетей на всех уровнях от неинвазивной визуализации целого человеческого мозга до реконструкции синаптических входов и выходов на субклеточном уровне.

3. Получение динамической картины функционирующего мозга посредством развития и использования улучшенных методов для широкомасштабного мониторинга нейрональной активности, в том числе на основе электродов, оптики, молекулярной генетики, нанонауки, и охватывающих различные аспекты активности мозга;

4. Связывание мозговой активности с поведением с применением точных интервенционных инструментов, изменяющих динамику нейрональных сетей. Для этого необходимо создание нового поколения инструментов для оптогенетики, хемогенетики, биохимических и электромагнитных модуляций.

5. Создание концептуальных основ для понимания биологического базиса мыслительных процессов посредством развития новых теоретических инструментов и инструментов для анализа данных. Для достижения прогресса в этой области необходима коллаборация между учеными-экспериментаторами и учеными из таких областей науки, как статистика, физика, математика, инженерные и компьютерные науки.

6. Развитие инновационных технологий для понимания человеческого мозга и лечения заболеваний, связанных с ним; создание и поддержание комплексных исследовательских проектов по изучению человеческого мозга. Получение согласия от лиц, которым был проведен диагностический мониторинг мозга, или получивших специфическое высокотехнологичное лечение, обеспечит широкие возможности для научных исследований, поскольку позволит изучать на функционирующем человеческом мозге механизмы его расстройств, влияние терапии и диагностики;

7. Интеграция новых технологических и концептуальных подходов произведенных в ходе выполнения целей 1 – 6 позволит обнаружить как динамические паттерны нейрональной активности трансформируются в познание, эмоции, восприятие, и действуют в норме и патологии. Важнейшим итогом программы BRAIN Initiative будет всеобъемлющее понимание механизма мыслительной функции, что будет являться следствием синергетического применения новых технологий и концептуальных структур, разработанных в рамках программы.

Основные принципы стратегии развития BRAIN 2025, предложенные Национальным институтом здоровья США:

- проведение параллельных исследований на человеке и модельных объектах;
- междисциплинарное сотрудничество;
- интеграция пространственных и временных масштабов;
- создание платформы для обмена данными;
- валидация и распространение технологий;
- продумывание последствий исследований в области нейронаук;
- ответственность Национального института здоровья США перед налогоплательщиками и научным сообществом [29].

Также Национальный институт здоровья США с целью достижения поставленных задач рекомендует увеличение инвестиций со стороны бюджета США в свои исследования до 400 млн. долларов в год в течение первых пяти лет (2016 – 2020 гг.) и до 500 млн. долларов в год в течение следующих пяти лет (2021 – 2025 гг.)

#### **1.4.2 Китайская Народная Республика (КНР)**

Для полного представления картины функционирования мозга китайскими учеными введено понятие «Brainnetome», что дословно можно представить в интеграции величин мозг-сеть-ом, где «-ом» является основной единицей исследования [41].

Таким образом, организация мозга представлена в виде иерархии сложных сетей на различных временных и пространственных масштабах. «Brainnetome» включает пять направлений исследования: (I) идентификация нейронных сетей мозга, (II) динамика и характеристики нейронных сетей мозга, (III) функциональность и дисфункции нейронных сетей мозга, (IV) генетические основы нейронных сетей мозга, (V) имитация и моделирование для «Brainnetome» [58].

Концепция «Brainnetome» послужила толчком для инициации ряда программ и проектов в Китае. В 2010 году данный проект по исследованию мозга получил поддержку Национальной программы фундаментальных исследований Китая (Программа 973). Но еще в 1999 году был запущен первый глобальный проект по исследованию мозга, поддержанный Национальной программой фундаментальных исследований Китая – именно тогда было введено понятие Программа 973, и все проекты из данной области получили название «973 проектов».

С 1999 года в Китае было поддержано более 50 проектов в направлении исследования мозга и его дисфункций. На данный момент проект «Brainnetome» является одним из стратегических приоритетов для Китая в долгосрочной перспективе на более чем 20 лет. Одним из основных источников финансирования является Министерство науки и техники Китая.

В 2011 году запущен проект «Research Plan for Neural Circuits of Emotion and Memory», на реализацию которого выделено 200 млн. юаней на восемь лет. Предусмотрена пролонгация финансирования (до 50 миллионов юаней) на среднесрочную перспективу по итогам первично полученных данных.

В 2012 году Китайской академией наук утверждена стратегическая приоритетная научно-исследовательская программа «Functional Connectome Project», на реализацию которой выделено финансирование в размере 300 млн. юаней на пять лет с возможностью пролонгирования на 5 – 10 лет. Целями данной программы являются составление функционального атласа нейронных сетей мозга для восприятия, памяти, эмоций и их исследование их нарушений, а также развитие передовых технологий для достижения этих целей.

В марте 2013 года запущен совместный китайско-австралийский проект по исследованию мозга в рамках «Brainnetome». Основные базы сосредоточены в Институте автоматизации (CASIA) в Пекине (Китай) и в Квинслендском Институте Мозга (QBI) в Брисбене (Австралия). Цель взаимодействия и проведения совместных исследований заключается в создании атласа мозга нового поколения «Brainnetome Atlas» для решения круга задач, связанных с изучением мозга [26]:

- проведение сравнительных нейроанатомических исследований в целях создания новых биомаркеров для диагностики и клинических исследований заболеваний мозга;
- изучение пространственно-временных динамических изменений в процессе нормального развития, в процессе старения и в течение заболеваний;
- взаимодействие «brainnetome» с другими "-omes" для понимания функционирования и дисфункций мозга;
- развитие когнитивных технологий для новых технологических прорывов, в частности в области нейрокогнитивных разработок.

### **1.4.3 Страны – члены Европейского Союза**

Неврологические заболевания представляют существенную социальную и экономическую нагрузку для Европы. В ходе исследований, проведенных Европейским Советом Мозга, было показано, что на диагностику и лечение этих заболеваний в Европе тратится 386 миллиардов евро в год. В соответствии с данным фактом, указанная стоимость будет расти экспоненциально по времени в связи с интенсификацией процесса старения популяции в Европе, что указывает на необходимость принятия безотлагательных скорейших мер с целью замедления данного процесса и по возможности обращения его в обратном направлении.

Согласно данным Документа Консенсуса Европейской Программы Исследования Мозга приоритетными подходами являются нисходящие исследования (от конкретного заболевания к молекулярным механизмам) и приоритетными направлениями исследований признаны следующие заболевания: болезнь Альцгеймера и старческое слабоумие; болезнь Паркинсона и сопутствующие нарушения координации; инсульт и ишемические патологии мозга; эпилепсия и неконтролируемые нейрональные возбуждения; рассеянный склероз и другие воспалительные патологии мозга; энцефалопатии, связанные с прионным поражением мозга; травматические повреждения мозга; онкологические заболевания мозга; периферические нейропатии. Подробный анализ Программы исследования мозга ЕС представлен в Приложении Г.

## **2 ОЦЕНКА АКТУАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО И ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РОССИИ В РАМКАХ ДАННОГО НАПРАВЛЕНИЯ**

### **2.1 Сопоставление уровня развития российских научных исследований в ключевых областях данного направления**

На основании проведенного анализа публикационной и патентной активности (Приложения Д, Е) можно сделать вывод о том, что в России сегодня сложились следующие необходимые предпосылки для развития направления Нейротехнологий.

У российских исследовательских центров, университетов и профильных производственных предприятий имеется хороший задел наработок в сфере создания продуктов в области нейротехнологий. В первую очередь это касается формирования представлений об организации, функционировании и развитии биологических прототипов базовых биоморфных нейросетевых архитектур искусственных когнитивных систем.

Исследования в данном направлении ведет целая сеть институтов РАН, ведущих университетов и научных центров России. Фундаментальные и прикладные исследования в области биологии нервной клетки, синаптического соединения, нейропластичности и биологических основ обучения и памяти сегодня ведут Научный Центр Неврологии РАМН, Отдел нейронаук НИЦ «Курчатовский институт», НИИ Нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко РАМН, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина РАМН, Институт цитологии РАН, Институт биофизики клетки РАН, Институт мозга человека РАН, Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, Казанский институт биохимии и биофизики РАН, Биологические факультеты МГУ им. М.В. Ломоносова, ННГУ им. Н.И. Лобачевского, биолого-почвенный факультет СПбГУ, НИИ нейрокибернетики им. А.Б. Когана ЮФУ, Центр нейрокогнитивных исследований Московского городского психолого-педагогического университета.

Разработки в сфере биологического материаловедения (синтез, кристаллизация, изучение структуры и свойств биологических объектов) и органических систем ведутся в Институте кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН. Нейронные архитектуры головного мозга и нервной системы в целом изучаются в работах Отдела нейронаук НИЦ «Курчатовский институт», Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина РАМН, Института физиологии им. И.П. Павлова РАН, Института мозга

человека РАН, НИИ нейрокибернетики им. А.Б. Когана ЮФУ. Организация сенсорных систем и распознавание образов живыми организмами является предметом исследований Института физиологии им. И.П. Павлова РАН, Института биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН. Моторные системы живых организмов являются предметом работ Института эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН, Института иммунологии и физиологии УрО РАН. Физиология эмоций изучается в Институте высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН. Нейрогенетика и нейрогеномика находится в фокусе деятельности Научного Центра Неврологии РАМН, Института молекулярной генетики РАН, Института биологии гена РАН, Института физиологии им. И.П. Павлова РАН. Развитие, нейродегенерация и восстановление нервной системы изучаются в Научном Центре Неврологии РАМН, Институте биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, Институте эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН.

Нейросетевые модели обработки информации в структурах мозга создаются в Институте математических проблем биологии РАН, Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук, Институте проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН, НИИ нейрокибернетики им. А.Б. Когана ЮФУ.

ООО «Тюменских ассоциативных систем объединение» (ТАСО) разработало архитектуру кортикорморфной искусственной нейронной сети, моделирующей организацию ассоциативных и моторных колонок коры мозга и способной к обработке всех возможных типов ассоциативных оснований – т.е. к соотнесению вводимых произвольно структурированных данных различной степени полноты с их ранее усвоенными семантическими значениями и отношениями с другими знаниями. Построенная сеть способна к обучению и самообучению путем консолидации, активации и реконсолидации следа памяти, самостоятельному продолжающемуся ассоциированию, логическим выводам (индуктивным и дедуктивным), корректному ветвлению ассоциаций, ассоциативной рекомбинации и синтезу нового знания, корректному выводу ассоциативной реакции на запрос пользователя через моторную зону искусственной коры.

В настоящее время идет разработка сетевых локусов фиксации ошибочности суждений через реализацию обучаемого торможения, фильтрации существенного, образованию производных смыслов и самостоятельному синтезу новых семантических комбинаций, в т.ч. к словотворчеству, а также отрабатываются механизмы регуляции развитием нейросети с помощью механизмов кибергеномики и киберэпигеномики. Сеть создается для решения таких задач, как: самостоятельное восприятие и запоминание последовательности сигналов, чтение текста, анализ телеметрии и любых других сигналов, ответы на вопросы по тексту, аннотирование и реферирование текста, выделение главных мыслей в тексте или значимых фрагментов

последовательности сигналов, решение вербально сформулированных задач, перевод текста на иностранный язык и т.д.

Для подготовки кадров высшей квалификации в сфере исследования базовых биоморфных нейросетевых архитектур создана российская Национальная сеть аспирантур по биотехнологиям в нейронауках (Бион), объединяющая ведущие научно-образовательные центры России.

Разработку программных средств для искусственных когнитивных нейросетевых систем, а также для решения с их помощью прикладных задач в России ведут НИЦ «Курчатовский институт», Российский НИИ искусственного интеллекта, Институт программных систем имени А.К. Айламазяна РАН, Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН, Институт проблем информатики РАН, Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН, Институт вычислительной математики РАН, Институт систем обработки изображений РАН, Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, Институт системного анализа РАН, НИИ системных исследований РАН, Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, Новосибирский институт программных систем, МГУ им. М.В. Ломоносова, СПбГУ, НИИ прикладной математики и кибернетики ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Национальные исследовательские Томский и Томский политехнический университеты, УрФУ им. Б.Н. Ельцина, ЮФУ, Сибирский государственный аэрокосмический университет. Созданием программного обеспечения для искусственных когнитивных и интеллектуальных систем различного назначения занимаются ведущие российские компании ГК «Ростех», Яндекс, Наносемантика, НейрОК, НейроПроект, Нигма, Балакам, Softline, ADV, CDC, Новые Программные Системы, АтлантикТрансгазСистема, ANTOR, ISS и мн. др. ООО «ТАСО» создан программный комплекс интегрированной среды разработки нейрогенетических сетей, динамических моделей сложных объектов и искусственных когнитивных систем «ТАСО Нейроконструктор» для параллельных (суперкомпьютерных) вычислительных архитектур. Программа обеспечивает создание и функционирование искусственных нейронных сетей большой размерности, которая зависит только от возможностей используемого суперкомпьютера: число синапсов, которое можно построить в программе, – 33 млн. на один гигабайт оперативной памяти при скорости обработки 3 млн. синапсов в секунду на 1ГГц процессорного времени. Программа поддерживает разработку произвольных моделей составляющих нейросеть элементов, а также процессы роста и деградации искусственных нейросетей через механизмы кибергеномики – моделирования генетического и эпигенетического управления развитием нейросети.

Опыт работ у российских исследователей появился и в такой новой сфере, как создание обучаемых наноматериалов и наноконструкций для реализации на их базе искусственных когнитивных систем. Так, в Тюменском государственном университете с использованием платформы «Нанофаб-100» российской компании НТ-МДТ получены мемристоры и создан



прототип мемристорной микросхемы на основе диоксида титана. В настоящее время в ТюмГУ ведутся работы по созданию мемристорной микросхемы с плотностью 10 тыс. мемристорных элементов на 100 квадратных микрометров площади микросхемы для создания ассоциативного сопроцессора самообучающихся искусственных когнитивных систем, анализа сигналов и управления техническими объектами. В Институте элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН в рамках работ по созданию интеллектуальных и функциональных полимеров и многокомпонентных полимерных систем для высоких технологий в сотрудничестве с НИЦ «Курчатовский институт» получен полимерный мемристор на основе наногетерогенного материала (ион-проводящего полимера нафiona и электрон-проводящего полимера полианилина). В Национальном исследовательском университете «МИЭТ» получены мемристоры на основе полимерных материалов и проведены эксперименты по их ассоциативному обучению, а также предложена реализация 3D нейроподобных структур на основе композитного материала полианилин-наночастицы золота. Работы по получению мемристоров ведутся также в ФГУП НИИ Физических проблем им. Ф.В. Лукина. В Институте физики микроструктур РАН разработана технология создания сверхтонких слоев ферромагнитных металлов, в которых существуют устойчивые коллинеарные состояния, различающиеся величиной сопротивления.

Следует также отметить, что за последнее десятилетие в России сформировалось несколько предприятий, производящих собственные конструкции суперкомпьютеров: компании Т-Платформы, РСК-СКИФ, профильные подразделения РФЯЦ-ВНИИЭФ и Института программных систем РАН. На базе продукции этих производителей могут быть созданы первые отечественные гибридные системы, объединяющие традиционные суперкомпьютерные архитектуры и программно-аппаратные комплексы на базе мемристорных ассоциативных сопроцессоров.

Работы по разработке мемристоров дополняются работами по созданию нанобиосенсоров в НБИКС-центре НИЦ «Курчатовский институт». В России также расширяются исследования углеродных нанотрубок и других наноконструкций, которые в перспективе могут послужить материалами для создания нового поколения процессоров, искусственных мышц и нервно-мышечных соединений перспективных роботов. Работы с подобными наноматериалами ведутся в Институте общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Институте прикладной механики РАН, Отделе молекулярной электроники Красноярского научного центра РАН. В Институте спектроскопии РАН исследованы свойства многослойных нанотрубок, которые могут быть использованы как движущиеся части наномеханизмов. Структура и молекулярная динамика биополимеров изучается в Институте молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН.

Лидерами в разработке робототехнических шасси, которые могут быть использованы для базирования на их основе искусственных когнитивных систем в России, являются научно-производственные компании. Целый ряд проектов по развитию робототехники осуществляет ГК

«Ростех». Мобильные колесные, квадроциклиопуляторные (четырёхногие) и бипедальные (двуногие) антропоморфные роботы созданы ОАО «Научно-производственное объединение «Андроидная техника». В частности, компанией создан антропоморфный робот «AR-600», способный выполнять самостоятельно или вместе с человеком некоторые логические задачи, вести простой управляемый диалог, перемещаться и ориентироваться в пространстве. В НПО «Андроидная техника» совместно с ФГУП ЦНИИмаш ведется разработка антропоморфного робота SAR-400 для работы в космосе. Универсальная робототехническая сервисная платформа создана компанией «R.Bot».

Задачи в сфере развития робототехники решаются также научными центрами и институтами России. Государственным научным центром России «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики» созданы универсальная робототехническая платформа, универсальный технологический манипулятор, мобильная платформа, мобильный робот радиационной разведки, робототехническое средство проведения технологических операций, интеллектуальные системы технического зрения для безопасности, комплексы радиационной разведки. Разработка механики и систем управления манипуляционными и мобильными роботами, а также создание микроробототехнических и мехатронных комплексов осуществляется в Институте проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН.

В институте созданы уникальные мобильные роботы, которые могут двигаться по поверхностям сложной формы и произвольного наклона, включая стены зданий и потолки помещений. В Институте проблем машиноведения РАН решаются прикладные задачи управления движущимися автономными устройствами. Технологии управления движущимися объектами и роботами разрабатываются в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, на базе которого действует Российский национальный комитет по автоматическому управлению. Проблема коллективного управления группами роботов занят Институт проблем управления сложными системами РАН. В Институте проблем точной механики и управления РАН разрабатываются методы управления манипуляторами для работы в открытом космосе. Разработки внутрисосудистого медицинского нано-робота ведутся в НБИКС-центре НИЦ «Курчатовский институт».

В качестве примеров развития промышленной робототехники в современной России следует назвать совместную разработку ОАО «Автоваз» и МГТУ «СТАНКИН» семейства промышленных роботов TUR. В то же время для достижения прорывных результатов в сфере разработки искусственных когнитивных систем для промышленных роботов требуется целевая государственная программа. Промышленные роботы – ключ к развитию практически всех видов высокотехнологичных производств – от автостроения до электроники, и сегодня они

представлены в России явно недостаточно. Ведущими развитыми странами введены многочисленные ограничения на свободную продажу и распространение промышленной робототехники зарубежным предприятиям. Поэтому передовые разработки в этой сфере могут быть выполнены лишь внутри страны. Кроме того необходимо преодолеть такие ограничения, как отсутствие у российских предприятий собственного опыта применения роботов и необходимых специалистов.

В области наземной военной робототехники Россия представлена сегодня лишь ограниченным набором опытных образцов, таких, как дистанционно управляемый многофункциональный мобильный робототехнический комплекс военного назначения «МРК-27» и информационный разведывательный комплекс «Пластун», разработанные МГТУ им. Н.Э. Баумана и предполагаемые к выпуску в кооперации с производственным объединением «Октябрь». Несколько большим числом разработок Россия сегодня представлена в сфере военных БПЛА разведывательного и ударного назначения, разрабатываемых ОАО «Туполев», ОАО «Корпорация «Иркут» и другими предприятиями «Объединенной авиастроительной корпорации». Подводные дистанционно управляемые роботы разведывательного назначения сегодня в России представлены, в основном, малогабаритными системами производства ООО «Индэл-Партнер», хотя командованием ВМФ планируется после 2020 г. переход к широкомасштабному строительству автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) и морских роботизированных систем.

Задача, обеспечивающая прорыв в развитии робототехники, – создание интеллектуальных робототехнических систем, наделенных не только навигационным и коммуникационным искусственным интеллектом, но и способных к познанию, разумному поведению и социальному взаимодействию в условиях реального мира. Эта задача может должна быть решена в рамках целевой программы разработки кортикоморфных искусственных когнитивных систем – искусственной коры мозга, способной к ассоциативному и моторному обучению, самообучению и развитию.

Хороший опыт имеется у российских исследователей и разработчиков в сфере создания технологий нейромашинного взаимодействия естественных и искусственных когнитивных систем. Так, в Институте медико-биологических проблем РАН в экспериментах на приматах отработаны технологии имплантированного нейромашинного интерфейса центральной нервной системы (ИНМИ ЦНС), обеспечивающие управление программными объектами и устройствами. Там же отрабатываются технологии управления техническими системами взглядом. Технологии микроэлектродного соединения с мозгом на протяжении многих лет исследуются в Институте мозга человека РАН, а также в НИЦ «Курчатовский институт». Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Институт

эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН, НИИ Молекулярной биологии и биофизики СО РАМН, а также российская компания «Нейроджи – Нейроинформатика» разрабатывают технологии реализации эффективного нейромашинного интерфейса с поверхностной регистрацией нервной активности (ПНМИ) для управления программными интерфейсами и техническими устройствами.

На этом фоне представляется возможным развитие и реализация решающего для технологического успеха России направления Нейротехнологии, которое сможет обеспечить движение России в новый технологический уклад.

## **2.2 Интегрированность России в международные и межстрановые научные исследования в ключевых областях данного направления**

Интегрированность России в международные и межстрановые научные исследования в области нейротехнологий представлена путем выполнения российскими учеными международных проектов в рамках федеральных целевых программ или поддержанных грантовыми фондами:

1. Российский фонд фундаментальных исследований:

1.1 Конкурс 2016 года инициативных научных проектов, проводимый РФФИ совместно с организациями-участниками программы «ERA.Net RUS plus»:

– Молекулярные механизмы функционирования мозга и патологии (Molecular mechanisms of brain function and pathology).

1.2. Конкурс инициативных научных проектов 2015 года, проводимый совместно РФФИ и Японским обществом продвижения науки; Научным и технологическим исследовательским советом Турции (TUBITAK); Республики Беларусь; Национальным исследовательским советом Италии; Государственным фондом естественных наук Китая; Лондонским Королевским Обществом в партнерстве с Британским Советом; Национальным центром научных исследований Франции; Национальным Научным комитетом в Тайбэе; Вьетнамской академией наук и технологий; Немецким научно-исследовательским сообществом (Германия); Национальным центром научных исследований Франции (НЦНИ) – Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS); Национальным исследовательским фондом Кореи; Национальным научным фондом США; Департаментом науки и технологии Правительства Индии:

– (04) биология и медицинские науки.

1.3. Конкурс проектов организации на территории России международных научных семинаров в области молекулярной биологии, проводимый совместно РФФИ и Европейской организацией по молекулярной биологии

– организация взаимодействия российских и зарубежных ученых в формате научных семинаров, с целью создания условий для долгосрочного сотрудничества по проведению фундаментальных научных исследований в области молекулярной биологии.

1.4. Конкурс проектов ориентированных фундаментальных междисциплинарных исследований, проводимый совместно РФФИ и национальным научным советом Тайваня

– Информационные технологии для клинической медицины (Е-здравоохранение) (Information Technology for Clinical Medicine (E-Health));

– Функциональные молекулярные структуры для фотоники, электроники и биомедицины (Functional molecular structures for photonics, electronics and biomedicine).

2. Российский научный фонд

2.1. Конкурс на получение грантов Российского научного фонда по приоритетному направлению деятельности Российского научного фонда «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований международными научными группами»:

– науки о жизни;

– клеточные технологии.

3. Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 — 2020 годы»

3.1. Проведение исследований в рамках международного многостороннего и двустороннего сотрудничеств:

– живые системы.

3.2. Поддержка исследований в рамках сотрудничества с государствами — членами Европейского союза:

– живые системы.

### **2.3 Потенциал развития российских производственных предприятий в сравнении с зарубежными конкурентами по основным практическим приложениям данного направления**

Развитие нейробиологии, нейрохирургии, микроэлектроники и технологий цифровой обработки сигналов создаёт возможность практической реализации нейроуправляемых систем управления протезами. Именно в их разработке и продажах заложен потенциал развития российских производственных предприятий. Существует значительный объем накопленных в этой области теоретических знаний и практического опыта. Об этом свидетельствует большое и постоянно возрастающее количество публикаций, посвящённых проблеме интерфейса мозг-

компьютер (ИМК). Наибольшую интенсивность исследования в данной области приобрели с 2000 года. Они выросли к настоящему времени в три раза, сохраняя тенденцию к устойчивому развитию (по данным SCOPUS).

Правительственный прогноз научно-технологического развития РФ на период до 2030 г. содержит список приоритетных научных задач, среди которых – разработка и создание интеллектуальных технических систем, в том числе нейроморфных, включая интерфейсы «мозг – компьютер». Создание систем управления органами и функциями в организме человека сигналами от головного мозга, реализуемых в виде бионических экзопротезов, электронных имплантатов или экзоскелетов, позволит резко повысить качество жизни миллионов людей, облегчит существование многим пожилым и больным людям.

Помимо неинвазивных нейроинтерфейсов большое внимание уделяется созданию инвазивных интерфейсов (вживляемых микрочипов, электродов, систем беспроводной передачи сигналов мозговой активности и др.), периферических нейроинтерфейсов (с вживляемыми устройствами для управления протезами конечностей), а также разработке необходимой для этих задач специальных компонентов – микроконтроллеров, различных миниатюрных датчиков (сенсоров), обеспечивающих передачу в систему информации о пространственно-временном положении ее отдельных частей, экономичных и миниатюрных источников питания и т.п.

Периферийными интерфейсами активно занимаются американские военные. Дело в том, что в случае ампутации, например, кисти руки или ноги до колена, использование сложных инвазивных мозговых нейроинтерфейсов не оправдано: проще считывать нервные импульсы с нервов поврежденной конечности. В DARPA считают мышечные нейроинтерфейсы очень перспективными и активно работают над соответствующими технологиями, которые позволят обеспечить надежное и долговременное соединение протеза с нервной системой человека. Кроме того, в перспективе подобные нейроинтерфейсы могут использоваться и здоровыми людьми – для управления специальной техникой и оборудованием.

В частности, речь идет об особом типе периферийного интерфейса TMR, который разработали в Реабилитационном институте Чикаго (RIC). Этот нейроинтерфейс обеспечивает повторную иннервацию мышц, причем в качестве замены ампутированной части тела выступает искусственно созданный механоэлектронный протез. TMR не только позволяет управлять протезом как собственной рукой или ногой, но и возвращает чувствительность, правда теперь в роли осязательных датчиков выступают не рецепторы в коже, а сенсоры в искусственном покрытии протеза.

В отличие от большинства других интерфейсов, TMR не требует визуальной связи с протезом, т.е. им можно управлять вслепую, как и обычной живой рукой. Работа в рамках TMR продолжится до 2016 года. Биоинтерфейсы более просты, чем нейроинтерфейсы, менее

травматичны, чем инвазивные нейроинтерфейсы, и обеспечивают быструю реабилитацию инвалидов. Судя по всему, через 10 лет универсальный периферийный нейроинтерфейс будет готов для массового использования. Как показывает анализ, разработка современных робототехнических систем интеллектуального протезирования будет проводиться по следующим наиболее перспективным направлениям:

- применение робототехнических принципов работы систем управления органами/функциями в массовых изделиях индивидуального назначения;
- использование в этих системах современных методов регистрации, обработки и интерпретации биоэлектрических сигналов, поступающих от головного мозга;
- применение в изделиях перспективной элементной базы (микрочипов, микроконтроллеров, сенсоров и др.) и современного программного обеспечения;
- применение в изделиях новых конструкционных материалов (композитов, углепластиков, титана и др.).

Для успешного развития и массового применения нейроуправляемых систем предстоит решить множество методологических и практических задач, находящихся на стыке медицины, материаловедения, электроники и других областей. К основным из этих задач относятся:

- обеспечение безопасной долговременной (10 – 20 лет) совместимости имплантируемых искусственных материалов с биологическими тканями человека (прежде всего, вопрос реакции иммунной системы);
- вопросы интеграции в нервную систему человека (разработка эффективных нейрохирургических методик имплантации, обеспечивающих высокую надёжность и эффективность контакта, точность локализации и низкий уровень повреждений окружающих тканей и нервных клеток);
- разработка устройств беспроводной связи и энергообеспечения имплантированного и внешнего блоков системы;
- разработка эффективных методов, алгоритмов и программно-аппаратных средств обработки и анализа нейро- и биоинформации в реальном времени;
- создание методов и средств реализации обратных связей путем формирования искусственных ощущений;
- разработка искусственных компонентов конечностей, максимально схожих с естественными по биомеханическим (эргономическим, силовым и функциональным) параметрам.

Следует отметить, что рассматриваемые направления по своему характеру относятся к категории мультидисциплинарных исследований, о чем говорит следующий факт. В 2012 году опубликованы наиболее впечатляющие результаты группы исследователей под руководством Э. Шварца, заведующего лабораторией «MotorLab» (Университет Питтсбурга, США), посвященные

созданию нейропротеза руки. Среди 11 авторов статьи этого коллектива, опубликованной в журнале «The Lancet» (Collinger et al., 2012), – биоинженеры, нейрохирурги, нейрофизиологи и специалисты по вычислительной математике и кибернетике из девяти научно-исследовательских и медицинских учреждений, преимущественно локализованных в г. Питтсбург (США).

Отечественные научные организации также проводят интенсивные исследования в области робототехнических систем интеллектуального протезирования на основе нейротехнологий.

В настоящее время в лаборатории нейрокомпьютерных интерфейсов МГУ идет разработка систем интерфейса мозг-компьютер для управления андроидным роботом и антропоморфными манипуляторами (протезами). В будущем такие системы можно будет использовать для тренировки движений у временно парализованных пациентов, чтобы поддерживать моторные программы мозга в действии в самый острый период, когда собственные мышцы и нервы еще не в силах выполнять команды мозга.

В Научном Центре Неврологии РАМН в лаборатории нейрокибернетики создан прототип абсолютно оригинального нейрокомпьютерного интерфейса обратного типа, связанного с кортикальным зрительным протезированием с целью преодоления проблем со зрением при нарушениях проводникового уровня. Основной принцип, на котором основана теория осуществления кортикального зрительного протеза – фосфенное зрение, т.е. зрительные ощущения, возникающие в поле зрения незрячего человека при стимуляции определенным паттерном импульсов с определенными параметрами первичной зрительной коры головного мозга.

В ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука» завершается разработка технического проекта, направленного на создание технологии и организацию производства ключевых компонентов для экзопротезирования нижних и верхних конечностей, управляемых от биопотенциалов головного мозга.

В Новосибирске исследованиями, связанными с нейрокомпьютерными технологиями, занимается отдел биофизики и биоинженерии Института молекулярной биологии и биофизики СО РАМН, возглавляемый академиком РАМН М.Б. Штарком. В частности, здесь разрабатывается технология биоуправления, основанная на принципе обратной связи.

В Институте высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН (Москва) под руководством д.б.н. Г.А. Иваницкого и д.б.н. А.А. Фролова разрабатываются эксклюзивные алгоритмы классификации паттернов электроэнцефалограммы, позволяющие ученым создавать прототипы интерфейсов мозг-компьютер, которые в недалеком будущем дадут постинсультным пациентам возможность владеть парализованными частями тела с помощью управляемых мозгом экзопротезов.

В Институте нейрокибернетики им. А.Б. Когана (Ростов-на-Дону) под руководством



профессоров Б.М. Владимирского и В.Н. Кироя на основе технологий интерфейсов мозг-компьютер разработаны системы управления инвалидной коляской, которые уже в недалеком будущем позволят больным передвигаться без посторонней помощи. В более далекой перспективе такие технологии дадут нам возможность управлять тихоходными передвижными средствами.

Однако остается нерешенной проблема высокотехнологичного производства научной продукции. Оценку объемов ожидаемых рынков в области «Нейротехнологий» можно провести на примере протезно-ортопедических изделий. Так, из общего числа инвалидов в РФ (по оценкам это 12 – 15 млн. человек) 10% из них (т.е. около 1,5 млн. человек) нуждаются в протезировании нижних/верхних конечностей. Потребность в этих протезах в настоящее время удовлетворяется лишь на 70 – 80% и в денежном выражении составляет примерно 3 млрд. рублей в год.

Рынок современных протезов в РФ сегодня примерно на 90% заполняет импорт из Германии, Исландии, США, Китая. Объем экспорта сравнительно простых протезно-ортопедических изделий в страны ближнего зарубежья и развивающиеся страны невелик (порядка 400 млн. рублей в год). В результате выполнения данной разработки и развертывания серийного производства современных бионических протезов появится возможность полного или частичного вытеснения с отечественного рынка иностранных импортеров, а также экспорта протезно-ортопедической продукции в третьи страны.

Исследование рынка от компании ABI Research на тему: «Экзоскелеты, моторизованные протезы и оптические сенсорные устройства: всемирный рынок систем умножения/расширения возможностей человека» прогнозирует, что рынки систем расширения человеческих возможностей в период до 2020 года будут иметь совокупный темп годового прироста приблизительно в 41%, при этом годовой доход возрастет с 29 млн. долларов до более чем 877 млн. долларов.

Согласно результатам исследования, усовершенствованные моторизованные протезы верхних конечностей, которые включают в себя миоэлектрические и управляемые на уровне нервов конечности с шарнирно-сочлененными пальцами, покажут за расчетный период совокупный темп годового роста 28,5%. У окулярных устройств сенсорного замещения для слепых, таких как ретинальные имплантаты и глазные протезы, за ближайшие десять лет этот показатель составит почти 75% с запланированным к отгрузке объемом в 16000 единиц в 2020 году.

#### **2.4 Интегрированность России в международные цепочки создания добавленной стоимости в секторах приложений данного направления**

Результаты научных исследований и технологических разработок, в том числе в области нейротехнологий, востребованы внутри длинных цепочек стоимости, заканчивающихся звеньями разработки промышленных образцов и выпуском конечной продукции на потребительский рынок.

В рамках постиндустриального развития нейротехнологий определим два типа стратегий:

1. Встраивание в цепочки стоимости крупных компаний.
2. Создание цепочек стоимости инновационного технологического класса.

Модель развития Нейротехнологий должна обеспечить реализацию стратегий обоих типов:

1. Привлечение крупных компаний, которые бы являлись платформой для реализации практических приложений нейротехнологий. Эта стратегия предполагает развертывание на территории РФ множества центров ведущих высокотехнологичных российских и зарубежных компаний. Данная стратегия требует создания благоприятного инвестиционного климата за счет законодательных, инфраструктурных условий, наличия высококвалифицированных кадров, продвижения бренда территории, проектирования высокотехнологических разработок и т.д.

2. Мировой опыт показывает, что в современных условиях цепочки, обеспечивающие новую волну развития, не возникают стихийно, а создаются искусственно, как проекты. Разработка и реализация практических приложений нейротехнологий подразумевает создание институциональных механизмов проектирования и создания стоимостных цепочек нового класса в рамках технологических укладов следующих поколений.

Данное требование к инновационной модели развития нейротехнологий носит комплексный характер. Оно связано не только с деятельностью отдельных экономических субъектов, вступающих в кооперацию и образующих цепочки, но и с «продвинутыми» управленческими технологиями. Необходимо наращивание управленческих компетенций и развитие самих управленческих технологий – создание развитых институтов аналитики и рынка и технологических трендов, экспертизы проектов, выработки маркетинговой политики, финансового инжиниринга, дизайна и т.п.

В целостной системе инновационного развития обе стратегии должны присутствовать одновременно, в том числе – и для интенсивного трансфера управленческих технологий.

## **2.5 Основные препятствия для развития исследований и разработок по данному направлению**

На основе проведенного теоретического анализа, по нашему мнению, основные препятствия для развития научных исследований и разработок, в том числе по направлению «Нейротехнологии», представлены следующими факторами:

1. Ухудшение кадрового научного потенциала [101].

По данным статистики сокращается численность персонала, занятого научно-исследовательскими разработками. В 2014 году она составляла 76% от уровня 2000 года.

Кроме того, несмотря на количественный рост приема в аспирантуру и докторантуру, снижается доля кандидатов, защитивших диссертации в общем объеме обучающихся.

Параллельно уменьшается численность специалистов научно-технических отраслей: так, за период с 2000 по 2014 годы численность исследователей технических специальностей сократилась на 23%, а общественных и гуманитарных наук выросло на 42,5% и 61,2% соответственно.

Общее ухудшение кадрового потенциала обусловлено, с одной стороны, низким уровнем дохода в данной сфере, с другой стороны общим ухудшением качества системы образования, особенно мотивационной к учебе части.

## 2. Фактор государства в развитии науки [101].

Современное состояние науки характеризуется доминирующим положением государства, при этом тенденция свидетельствует о росте влияния государства при одновременном сокращении интереса к науке со стороны частного сектора. В 2012 г. 66% инвестиций в науку составляли средства бюджета, 16,9% - предпринимательского сектора, в 2000 году на долю госинвестиций приходилось 53,7%, а предпринимательских организаций – 18,7%. Численность организаций, занятых в научной сфере, относящихся к государственному сектору, растет как по абсолютным показателям, так и в процентах к итогу. В 2013 году введен повышающий коэффициент 1,5 в части учета затрат на НИОКР (в том числе не давшим положительного результата) для целей налога на прибыль по перечню направлений таких НИОКР (32 направления) с целью стимулирования проведения научных исследований в приоритетных для государства.

Амбициозные задачи программы развития науки предусматривают изменение данного тренда: к 2020 году финансирование науки за счет внебюджетных источников должно быть на уровне не менее 50 процентов.

Ежегодно в России увеличивается число патентов, однако темпы прироста патентов от иностранных заявителей превышают аналогичные показатели от отечественных.

Состояние российской науки далеко от мирового уровня: период первых лет суверенной власти привел к оттоку ученых, Россия значительно отстала в научных достижениях от передового Запада. Новую ставку Правительство пытается сделать на коммерческий сектор.

В прогнозе научно-технологического развития до 2030 года указаны приоритетные направления: информационно-коммуникационные технологии, биотехнологии, медицина и здравоохранение, новые материалы и нанотехнологии, природопользование, транспорт, космос, энергоэффективность и энергосбережение. Несмотря на то, что программы развития направлены на восстановление научного потенциала страны, они принимаются достаточно давно, а за истекшее десятилетие научный потенциал страны снижался и некоторые достигнутые успехи

остаются недостаточными в целом, таким образом можно предположить, что в условиях постепенного увеличения проблем в экономике Правительство не станет сосредотачиваться на выполнении данных задач.

3. Фактор чрезмерного бюрократизма на всех этапах подготовки и выполнения проекта.

Высокая бюрократизация процесса прохождения проекта совершенно не спасает от принятия неправильных решений при распределении средств и при оценке результатов выполненных работ, причем негативным фактором является не столько количество подготавливаемых по проекту бумаг, сколько соотношение небольшой величины выделяемых средств и значительного объема отчетности, а также наличие множества ограничений. Кроме того, присутствуют проблемы, возникшие в связи с распространением действия закона об обязательном проведении тендеров на проведение НИОКР и закупку научного оборудования, из-за чего усложнился административный механизм покупки оборудования. Однако, несмотря на высокую степень бюрократизации процесса при реализации проекта остаются риски принятия неправильных решений при распределении средств и при оценке результатов выполненных работ.

4. Оторванность российских ученых от современной науки.

Отставание в использовании современных методов исследования, неумение представить результаты своих НИР и НИОКР, в результате чего они остаются вне внимания мирового научного сообщества, незнание последних публикаций, неумение и нежелание участвовать в коллаборации с зарубежными партнерами – все это увеличивает разрыв между передовыми мировыми открытиями и российской наукой на том уровне, на котором она сейчас находится. Кроме того, слабая включенность в мировую науку вызывает со стороны большинства российских ученых (в основном – представителей «старой гвардии») не столько озабоченность по этому поводу и желание исправить ситуацию, сколько стремление подчеркивать свою «особость» и амбиции, не подкрепленные реальными достижениями.

5. Языковой барьер.

Одним из препятствий для развития международного научного сотрудничества и представления результатов своей деятельности в мировом сообществе является плохое знание российскими учеными английского языка. Это следствие не только плохого преподавания английского языка и ограниченной языковой практики, но и признак некой системной проблемы, связанной, в том числе, и с вышеуказанной оторванностью российской науки от мировой.

6. Регламент работы российской таможенной системы.

Российская таможня отличается неумением и нежеланием работать с грузами, предназначенными для научных исследований. Сегодня это становится серьезным барьером на пути международного научного сотрудничества России с остальным миром

## 7. Регламент работы визовой системы.

Работающие в ней чиновники совершенно не принимают во внимание участие ученого в совместном проекте как основание для упрощения визового режима.

## 2.6 Основные барьеры для развития практических приложений данного направления

Процесс развития производства продуктов Нейротехнологий замедляется в силу воздействия на него следующих факторов:

1. Для высокотехнологичного бизнеса требуются большие капиталовложения, сроки окупаемости длительные, что влечет за собой большие риски. В теории это должно компенсироваться сверхприбылями, но не всегда происходит. В случае России по ряду причин низкотехнологичный бизнес может иметь высокую прибыль — и это делает высокотехнологичный бизнес не выгодным с экономической точки зрения. С другой стороны — схема работы над государственными контрактами исключает получение большой прибыли (обычно требуется показать чистую прибыль порядка 5%), требует обеспечения, двойное использование может быть затруднено из-за секретности и собственности государства на полученную интеллектуальную собственность.

2. Высокотехнологичный бизнес требует больших инвестиционных вложений. В России основные инвестиции направлены на поддержание и развитие простого бизнеса ввиду его более высокой доходности — он занимает большую часть инвестиционного капитала, и соответственно делает его дороже для всех.

3. Идея высокотехнологичного бизнеса — рождается и реализуется людьми, имеющими хорошее техническое образование и (опционально) опыт работы. В последние десятилетия — качество технического образования падает, равно как и количество выпускников по техническим специальностям. Далее проблема усугубляется эмиграцией и аутсорсингом.

4. Поскольку товар необходимо производить в реальности — становится крайне важна скорость и стоимость работы служб доставки — как на прием (множество расходных материалов со всего мира), так и на отправку, где важную роль играют скорость, стоимость прохождения таможи и другие бюрократические ограничения, которые можно преодолеть — но на это уходит время и деньги, в то время как конкуренты из других стран получают преимущество.

5. Для иностранных государств, достигших успехов в высоких технологиях неприемлем отказ от лидерских позиций — для этого есть экспортные лицензии и патенты. Россия естественно действует так же и не продает технологию производства, предпочитая продавать сам продукт. Это все делает крайне затруднительным выход на уже занятые рынки с аналогичным продуктом.

Помимо всего сказанного, проекты, находящиеся в инвестиционной стадии оценить сложно — пока не начались реальные продажи. Произвести высокотехнологичную продукцию, и произвести конкурентоспособную на мировом рынке продукцию — это задачи, отличающиеся по сложности на порядки.

### **3 ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ СРЕДНЕСРОЧНОГО И ДОЛГОСРОЧНОГО РАЗВИТИЯ СЕКТОРОВ ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДАННОГО НАПРАВЛЕНИЯ В РОССИИ**

#### **3.1 Национальные технологические тенденции в развитии практических приложений по данному направлению, возможное появление (с указанием сроков) новых продуктов и услуг, новых технологий**

Практические приложения в области нейротехнологий можно представить перечнем следующих групп продуктов:

Группа I. Интеллектуальные средства управления.

Группа II. Программные средства, реализующие алгоритмы нейровычислений

Группа III. Продукты социальной направленности.

Группа IV. Средства управления общественным мнением.

Приведем данные анализа национальных технологических тенденций в развитии практических приложений по каждой из обозначенных групп.

##### **Группа I. Интеллектуальные средства управления**

У российских исследователей и разработчиков имеется опыт в сфере создания технологий нейромашинного взаимодействия естественных и искусственных когнитивных систем. Так, в Институте медико-биологических проблем РАН в экспериментах на приматах отработаны технологии имплантированного нейромашинного интерфейса центральной нервной системы (ИНМИ ЦНС), обеспечивающие управление программными объектами и устройствами. Там же отрабатываются технологии управления техническими системами взглядом. Технологии микроэлектродного соединения с мозгом на протяжении многих лет исследуются в Институте мозга человека РАН, а также в НИЦ «Курчатовский институт». Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН, НИИ Молекулярной биологии и биофизики СО РАМН, а также российская компания «Нейроджи – Нейроинформатика» разрабатывают технологии реализации эффективного нейромашинного интерфейса с поверхностной регистрацией нервной активности (ПНМИ) для управления программными интерфейсами и техническими устройствами.

В России за последние годы сформирована суперкомпьютерная и сетевая инфраструктура, необходимая для разработки интеллектуальных систем. Важным фактором успеха отечественной программы разработки подобных систем является значительный рост числа суперкомпьютерных

вычислительных платформ, установленных в России за последние пять лет (более двухсот систем). Расчеты показывают, что, к примеру, на суперкомпьютере Hewlett-Packard НИЦ «Курчатовский институт» (10 тыс. ядер) на основе программного комплекса «ГАСО-Нейроконструктор» можно построить нейросеть более чем со 165 млрд. искусственных биоморфных синапсов. Появление в 2012 г. на рынке таких технологий, как архитектура Many Integrated Core компании Intel и основанных на ней 60-ти ядерных сопроцессоров Intel Xeon Phi, дает возможность прогнозировать появление в России к 2020 г. вычислительных систем мощностью 4 эксафлопс и выше, которые позволят создавать искусственные когнитивные системы с числом биоморфных синапсов – до 6 квадриллионов единиц, что примерно соответствует числу синапсов в головном мозге 6 человек. Ресурсы многих российских суперкомпьютеров могут быть объединены для создания вычислительной платформы глобальных сетевых когнитивных систем.

В России имеются крупные потенциальные заказчики решений на базе интеллектуальных средств управления. Заметную роль в экономике России играют крупные ресурсодобывающие, транспортные и производящие компании, а также государственные органы, эксплуатирующие крупнейшие в мире технологические системы и комплексы. К числу таких систем могут быть отнесены Единая система газоснабжения (ЕСГ) России ОАО «Газпром», система магистральных нефте- и продуктопроводов ОАО «АК «Трансефть», Единая энергетическая система России, Единая система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций России и др. Все эти комплексы нуждаются в создании автоматизированных систем управления и систем поддержки принятия решений (СППР) нового поколения, обеспечивающих оптимальный режим их функционирования и экономию ресурсов.

### **Группа II. Программные средства, реализующие алгоритмы нейровычислений**

На данный момент на рынке представлено большое количество программных продуктов для решения задач, где возникает необходимость использования технологии нейровычислений. Существуют универсальные нейросетевые пакеты, предназначенные для решения любых задач, которые можно решить при помощи нейронных сетей, от распознавания речи и образов до решения задач прогнозирования (Brain Maker Pro, NeuroSolution), но, как показывает практика, такие программные продукты не всегда удобны для решения задач прогнозирования временных рядов. Существует класс нейросетевых программных продуктов, предназначенных исключительно для решения задач прогнозирования временных рядов. Эти продукты ориентированы на финансовых работников – трейдеров, биржевых аналитиков и т.д., часто обладают дружественным графическим интерфейсом, и проектируются таким образом, чтобы человек, имеющий даже поверхностное представление о нейронных сетях, смог быстро их освоить. К таким программным продуктам относятся: Neuro Builder 2001, NeuroShell Day Trader, BioComp Profit, NeuroScalp.



Наиболее популярные сегодня в России следующие программные продукты, реализующие нейросетевые подходы к решению задач прогнозирования: Brain Maker Professional, NeuroShell Day Trader и продукт отечественной разработки Neuro Builder 2001. Приведем технические и стоимостные характеристики каждого из пакетов.

1. Пакет Brain Maker Professional, цена \$850 - предназначен для построения нейронных сетей обратного распространения. Пакет включает в себя программу подготовки и анализа исходных данных NetMaker, программу построения, обучения и запуска нейросетей BrainMaker, а также набор утилит широкого назначения. Программный пакет ориентирован на широкий круг задач - от создания прогностических приложений до организации систем распознавания образов и нейросетевой памяти. Значительное количество функций программы ориентировано на специалистов в области исследования нейросетей. Следует отметить, что организация внутреннего представления нейросетевых моделей является «прозрачной» и легко доступной для программного наращивания. В программе BrainMaker предусмотрена система команд для пакетного запуска. Существует интерфейсная программа-функция для включения обученных сетей в программы пользователя. В целом пакет может быть интегрирован в программный комплекс целевого использования.

Программа BrainMaker предназначена для построения нейросети по некоторым исходным установкам, ее обучение в различных режимах, модификацию параметров сети. Программа имеет значительное количество контрольных функций для оптимизации процесса обучения. Помимо этого, программа предоставляет ряд методов анализа чувствительности выходов сети к различным вариациям входных данных, при этом формируется подробный отчет, в соответствие с которым можно дополнительно оценить степень функциональной зависимости входных и выходных значений.

2. NeuroShell Day Trader v. 3.0, цена \$2590 - нейросетевая система, которая учитывает специфические нужды трейдеров и достаточно удобна в использовании. NeuroShell Trader имеет, как и в других стандартных программах для трейдеров, «графический» пользовательский интерфейс. Одним из основных достоинств рассматриваемого продукта является то, что нейронные сети являются встроенными, а не чем-то привнесенным извне и используемым отдельно.

3. Neuro Builder 2001 Advanced, цена \$3500 – продукт, принадлежащий к категории наукоемких, высокотехнологичных, узкопрофессиональных инструментов. В своей категории – специализированные программы для финансовых аналитиков – Neuro Builder 2001 занимает пограничное положение между серийными программами и заказными системами. Она может быть использована как самостоятельный продукт или выступать составной частью сложного аналитического комплекса.

Технология применения программы Neuro Builder 2001 ориентирована на регулярность получения результатов и экономию рабочего времени аналитика, обеспечивает минимальный период прогнозирования, соответствующий одним суткам. В конце торгового дня в базу данных программы заносятся цены завершившегося дня, и программа запускается на обработку новых данных по заранее подготовленному сценарию. Контроль оператора в процессе счета не требуется. В начале следующего торгового дня по результатам обсчета уже можно получить прогноз цен закрытия этого дня. Таким образом, основное время работы программы приходится на ночь, и задача – прогноз на день вперед – решена. Участие пользователя состоит в подготовке корректных сценариев для работы программы и обеспечении бесперебойной подачи питания компьютеру, на котором запущена программа.

Другие программные продукты, реализующие нейросетевые принципы, менее известны и не получили большого распространения. Таким образом, можно заключить, что типичный программный продукт российского рынка нейросетевых программ, предназначенный исключительно для прогнозирования финансовых рынков, оценивается производителями примерно в \$2000-\$3000. Указанная цена даже по российским меркам невысока с учетом относительно потенциальных прибылей, которые можно получить с использованием рассмотренных программных продуктов при торговле на финансовых рынках.

### **Группа III. Продукты социальной направленности**

Во всем мире отмечается неуклонный рост числа заболеваний нервной системы, относимых вследствие своей распространенности и последствий к категории социально значимых – сосудистые заболевания мозга, нейродегенеративные заболевания, эпилепсия, рассеянный склероз, черепно-мозговая травма и инвалидизация вследствие неврологических заболеваний.

По прогнозам Всемирной организации здравоохранения, неврологические и психические заболевания по числу больных и финансовым затратам на лечение и реабилитацию в ближайшие 10 – 15 лет переместятся на первое место, опередив сердечно-сосудистую и онкологическую патологии. Так показатели заболеваемости инсультом и хроническими цереброваскулярными заболеваниями составили на 2013 г. 61,2 и 320,3 человек на 100 тыс. населения соответственно. Важное место среди ЦВЗ занимает острый церебральный инсульт (ОЦИ), для которого характерно внезапное появление неврологической и\или общемозговой симптоматики, сохраняющейся более 24 часов, если до этого не наступил летальный исход. В группу ОЦИ входят ишемические инсульты, внутримозговые и субарахноидальные кровоизлияния, составляющие 75%, 20% и 5% соответственно. В России и большинстве стран мира преобладает ишемический инсульт – 81,6% случаев, из которых 33% больных погибают до момента поступления в стационар. Реже встречается внутримозговое кровоизлияние – 10,2% и субарахноидальное кровоизлияние – 3,7% случаев. Однако в течение последних 15 лет наблюдается значительное снижение заболеваемости

ОЦИ – это связано с улучшением профилактических мероприятий и адекватным лечением артериальной гипертензии, улучшением диагностики и лечения ОЦИ, а также с формированием здорового образа жизни.

Что касается нейродегенеративных заболеваний, согласно ориентировочным оценкам, болезнью Альцгеймера и болезнью Паркинсона сегодня в мире страдают, соответственно, около 20 млн. и 6 млн. человек, причем к 2040 г. прогнозируется удвоение этих цифр.

В России на одного больного в год (2013 г.) прямые медицинские затраты составили 1560 € и включали затраты на препараты – 1240 € (79,5 %), затраты на амбулаторные услуги – 120 € (7,7%), затраты, связанные со стационарными услугами – 200 € (12,8%).

Прямые немедицинские затраты составили 1980 € и состояли из затрат на специальное оборудование – 480 €, затрат связанных с помощью в повседневной жизни больным (включая домашний уход) – 1380 € и прочих немедицинских затрат (немедицинский транспорт и др.) – 1200 €

Экономические потери общества (непрямые затраты) вследствие преждевременного выхода на пенсию или пропуска рабочих дней из-за нейродегенеративных заболеваний в среднем составили 1732 € за 12 месяцев на 1 пациента. Из них затраты, связанные с временным отсутствием больного на рабочем месте, составили 12 €, затраты в связи со стойкой утратой нетрудоспособности составили 1720 €

По данным ВОЗ, за период 2005 – 2015 гг. потеря ВВП в России из-за преждевременных смертей от нейродегенеративных заболеваний может составить 8,2 трлн. рублей. Расходы на лечение больных нейродегенеративными заболеваниями достигают до 20% всех затрат на здравоохранение России.

Важнейшими факторами, определяющими высокое социальное бремя заболеваний нервной системы, являются неуклонное старение населения, а также высокие показатели инвалидизации больных с поражением нервной системы. Развитие и реализация направления Нейротехнологии позволят совершить прорыв в лечении заболеваний нервной системы, предотвращении тяжелых и необратимых изменений в головном и спинном мозге при ряде патологических состояний, значительно улучшить результаты лечения и профилактики ряда острых и хронических повреждений головного и спинного мозга в группах «высокого риска».

#### **Группа IV. Средства управления общественным мнением**

Российский сервис представлен определенным комплексом услуг, связанных со сбытом и эксплуатацией товаров. Привлечение покупателя, развитие продаж товара, информированность покупателя, обязательность предложения, необязательность использования, эластичность и удобство сервиса, техническая адекватность сервиса, информационная отдача сервиса, ценовая политика, гарантированное соответствие сервиса производству отражают основные функции и

принципы сервиса.

В настоящее время, учитывая рост торговых предприятий с широким предложением товаров и при наличии жесткой конкурентной борьбы, можно сказать, что непременным условием выживания в сложившейся ситуации особую значимость приобретают инновационные торговые технологии, применяемые непосредственно в местах приобретения товаров.

В связи с этим нейромаркетинг сегодня определяется специалистами как один из приоритетных инструментов торгового сервиса.

Учитывая тот факт, что современный рынок розничной торговли изобилует разнообразием торговых предложений и привлечь покупателя наличием определенного товара или даже низкой ценой становится все сложнее, методы нейромаркетинга позволяют эффективнее влиять на покупательскую способность, прогнозировать потребительские реакции в условиях конъюнктуры российского торгового сервиса.

В основе метода – сочетание нейробиологии, психоанализа, лингвистики, искусства и теории для выявления ментальных моделей, которые определяют поведение человека. Главная цель метода – вывести на осознаваемый уровень скрытые мысли клиентов, непрерывно происходящие в их головном мозге. Это некий своеобразный проводник, который помогает уменьшить разрыв между языковым барьером в диалоге потребителей и маркетологов на рынке, «сильнейший механизм манипулирования потребителем, воздействию которого невозможно противостоять». Такое определение позволяет утверждать, что нейромаркетинг является крайне эффективным методом продвижения товаров и услуг в современном экономическом мире. Можно с большой вероятностью предположить, что в ближайшее время российский торговый бизнес будет активно инвестировать в эту область. Нейромаркетинг позволяет глубже проанализировать все возможности организации коммерческого поведения человека, что естественным образом дает возможность манипуляции и подчинения покупателя.

Сегодня профессиональный нейромаркетинговый подход может на физиологическом уровне восприятия и обработки информации упростить и улучшить замечаемость, ассоциативность и запоминаемость стимулов, сделать выше вероятность принятия положительного решения о покупке. Нейромаркетинг условно можно разделить на две группы.

1. Предпродажный нейромаркетинг, который включает исследования фокус-групп, направленные на определение реакции потенциального потребителя. Так, например, для таких исследований используют аппарат, который позволяет фиксировать направление человеческого глаза и временной интервал фиксации внимания на определенном предмете. Eye-tracking применяют для исследований реакции посетителя сайта, читателя журнала, покупателя товаров предварительного выбора и повседневного спроса, для улучшения дизайна торговой площадки или сайта, а также для оценки мерчандайзинга и организации торговых пространств. Также к

предпродажному нейромаркетингу можно отнести данные электроэнцефалограммы и магнитно-резонансные изображения, фиксирующие циркуляцию крови в мозге. Подобные технически сложные исследования доступны сегодня крупным компаниям.

2. Продажный нейромаркетинг предусматривает сенсорный подход, который воздействует на потребителя через зрение (цвет и форма), обоняние и звук. Материальные компоненты торгового сервиса включают в себя физический комфорт (температура, музыка, запах и др.), освещение зала и дизайн, уровень профессионального этикета и этики, чистоту помещений, наличие рекламы на месте продажи, методы продажи. Для полного физиологического комфорта потребителя учитывают такие детали, как температура воздуха и вентиляция. Именно нейромаркетинговые технологии в области розничных продаж дают возможность повысить как объем продаваемых товаров, так и время, которое потребитель тратит на посещение магазина.

Являясь инновационной технологией продаж практически любых групп товаров, эффективного взаимодействия производителя и потребителя, нейромаркетинг имеет серьезные перспективы в торговом сервисе.

### **3.2 Выявление основных (стратегических) альтернатив развития секторов практических приложений технологий и возможные сценарии технологического облика секторов практических приложений по данному направлению**

Области применения продуктов нейротехнологий разнообразны, рассмотрим несколько направлений их использования в разных областях.

#### **1. Техника и телекоммуникации.**

Одна из важнейших задач в области телекоммуникаций, которая заключается в нахождении оптимального пути пересылки трафика между узлами, может быть успешно решена с помощью нейронных сетей. В данном случае необходимо принимать во внимание что, во-первых, предложенное решение должно учитывать текущее состояние сети, качество связи и наличие сбойных участков, во-вторых, поиск оптимального решения должен осуществляться в реальном времени. Нейронные сети хорошо подходят для решения задач такого рода. Кроме управления маршрутизацией потоков, нейронные сети могут использоваться и при проектировании новых телекоммуникационных сетей, позволяя получать весьма эффективные решения.

#### **2. Информационные технологии.**

Определение тематики текстовых сообщений — еще один пример успешного использования искусственных нейронных сетей. Определяя значения ключевых слов по контексту, сервер на основе нейросетей способен в реальном времени распознавать тематику и

автоматически реплицировать огромные потоки текстовых сообщений, передаваемых по информационным сетям.

Распознавание речи – система позволяет без предварительного обучения распознавать каждое из 36 слов, сказанных в микрофон любым человеком. Для классификации используется иерархическая нейронная сеть, состоящая из двух каскадов: первый осуществляет примерное распознавание слова, относя его к одному из шести классов, а второй точно классифицирует слово внутри каждого из классов.

### 3. Экономика и финансы.

Нейронные сети активно применяются на финансовых рынках. Например, американский Citibank использует нейросетевые предсказания с 1990 года, и уже через два года после их внедрения, по свидетельству журнала The Economist, анализ статистики показал доходность 25% годовых. Chemical Bank применяет нейросетевую систему фирмы Neural Data для предварительной обработки транзакций на валютных биржах ряда стран, отслеживая подозрительные сделки. Автоматизированные системы ведения портфелей с использованием нейросетей имеются на вооружении и у Deere & Co LBS Capital, причем экспертная система объединяется примерно с 900 нейронными сетями.

В сентябре 1992 года компания HNC, которая до этого занималась производством нейрокомпьютеров, выпустила программный продукт Falcon, позволяющий выявлять и предотвращать в реальном времени подозрительные сделки по краденым кредитным и дебетным картам. Искусственные нейронные сети обучались типичному поведению клиентов и могли обнаруживать резкое изменение характера покупок, сигнализирующее о возможной краже. Ежегодный ущерб крупных банков от подобных преступлений измерялся десятками миллионов долларов, но благодаря внедрению Falcon в 1994 году впервые за всю историю пластиковых карт эти потери пошли на убыль. Аналогичная система была разработана фирмой ИТС для мониторинга операций с кредитными картами Visa.

### 4. Реклама и маркетинг.

При ведении бизнеса в условиях конкуренции компаниям необходимо поддерживать постоянный контакт с потребителями, обеспечивая обратную связь. Для этого некоторые компании проводят опросы потребителей, позволяющие выяснить, какие факторы являются решающими при покупке данного товара или услуги. Анализ результатов подобного опроса — непростая задача, поскольку необходимо исследовать большое количество связанных между собой параметров и выявить факторы, оказывающие наибольшее влияние на спрос. Существующие нейросетевые методы позволяют выяснить это и прогнозировать поведение потребителей при изменении маркетинговой политики, а значит, находить оптимальные стратегии работы компании.

### 5. Здравоохранение.

Мозг – компьютер интерфейсы – системы коммуникации человека с машиной, основанных на непосредственном преобразовании намерений человека, отраженных в регистрируемых сигналах мозга, в управляющие команды, – дают надежду людям с ограниченными возможностями на восстановление утраченных функций или получение устройств, обеспечивающих их возвращение к нормальной жизни.

Сегодня ученые приблизились к созданию и успешному использованию нейропротезов, которые могут по своим характеристикам превзойти человеческие органы. Современные исследования функционирования мозга дают основания полагать, что в ближайшее время будут разработаны технологии, позволяющие эффективно и безопасно выявлять неблагоприятные функциональные состояния мозга человека, облегчать болевой синдром, проводить коррекцию неблагоприятных психологических состояний.

В результате развития данных технологий будут созданы новые мозго-машинные интерфейсы, нейрогибридные управляющие устройства и имплантаты, технологии восстановления специфических функций мозга, новые диагностические протоколы.

### **3.3 Основные принятые концептуальные и нормативные документы, задающие ориентиры и ограничения для развития данного направления**

Большинство проблем в направлении развития нейротехнологий связано с отсутствием в Российской Федерации государственной стратегии, законодательной базы, правовых норм по разработке, экспертизе, регистрации и клиническому применению практических приложений данного направления.

Так, ни в «Прогнозе-2025», ни в «Прогнозе-2030» не выделен кластер нейротехнологий. Результаты выполненного Центром научно-технической экспертизы РАНХиГС многокритериального анализа показывают, что нейронауки возглавляют первую пятерку самых интенсивно развивающихся научных направлений большинства индустриально развитых стран и уже сегодня становятся технологической базой для роста боеспособности личного состава армии стран НАТО.

В ответ на этот технологический вызов в США в 2014 г. начинается финансирование проекта BRAIN Initiative (Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies) — «Исследования головного мозга с помощью инновационных нейротехнологий». В Евросоюзе в 2013 г. был дан старт проекту Human Brain Project (проект «Головной мозг человека») с объемом финансирования в 1 млрд. евро ежегодно в течение десяти лет.

Королевское общество (Великобритания) еще в 2012 г. опубликовало доклад Brain Waves Module 3: Neuroscience, conflict and security («Волны головного мозга: неврология, конфликты и

безопасность») о возможности использования технологий стимуляции мозга в интересах армии и спецслужб для улучшения обучаемости, лечения посттравматического стрессового расстройства или ослабления эффекта депривации сна (лишения сна, например, в результате пыток или напряженной деятельности). В британском докладе отмечается, что технологии стимуляции мозга уже получили широкое распространение в армии и спецслужбах США.

На фоне столь очевидного и динамично развивающегося тренда тот факт, что «лишь 9% опрошенных авторами «Прогноза-2030» экспертов считают значимым развитие методов управления когнитивными функциями человека», выглядит труднообъяснимым. Как результат — критическое по возможным последствиям для научно-технологической сферы отсутствие нейронауки в числе приоритетных в разделе «Медицина и здравоохранение» «Прогноза-2030».

Несмотря на социальную и экономическую выгоду использования продуктов нейротехнологий, их внедрение возможно только через специальные и длительные регистрационные процедуры, подразумевающие соответствующее финансирование.

Оптимизация развития и использования практических приложений данного направления требует постоянного совершенствования законодательной и нормативно-правовой базы.

Научные достижения в данной области приводят к появлению методов, изделий, подходов, требующих разработки новых принципов контроля безопасности, эффективности и требований к обороту продуктов нейротехнологий.

Отсутствие соответствующих регулирующих норм может явиться тормозом развития направления нейротехнологии.

К первоочередным законодательным актам, регулирующим продукты, в том числе медицинского назначения и требующим разработки, относятся:

- Федеральный закон об обращении медицинских изделий;
- Федеральный перечень реабилитационных мероприятий, технических средств реабилитации и услуг, предоставляемых инвалиду;
- Федеральный закон о генно-терапевтических медицинских средствах;
- Федеральный закон о государственной поддержке инновационной деятельности в Российской Федерации.

Вышеперечисленные законы в комплексе, будут обеспечивать легитимизацию и гармонизацию отечественных научных исследований и разработок в области нейротехнологий с лучшими мировыми практиками.

Ориентиры для подсектора нейротехнологии для госсектора в национальных стратегиях развития отсутствуют.



### **3.4 Выбор и обоснование наиболее перспективных вариантов среднесрочного и долгосрочного развития секторов практических приложений данного направления**

Для выбора и обоснования наиболее перспективных вариантов среднесрочного и долгосрочного развития секторов практических приложений Нейротехнологий необходимо выделить сильные и слабые стороны процесса развития данного направления в России. Сильная сторона в любом прочем научно-инновационном аспекте представлена следующими факторами:

- высокий научный потенциал российских ученых;
- российская ментальность, основанная на качественном фундаментальном образовании, благодаря которой становится возможным большинству исследователей достигнуть уровня системного осмысления и понимания проблем нейротехнологий;
- кадровый потенциал специалистов высшей квалификации.

В противовес сказанному, слабой стороной внедрения нейротехнологий является тот факт, что государством еще не определен вектор практической организации работ в данной области.

Направление развития практических приложений, по нашему мнению, должно быть представлено в форме естественного пути перехода от исследовательских работ к промышленному производству и выводиться на потребительский рынок.

Совершенно необходимо, чтобы результаты исследований и разработок превратились в продукцию, востребованную на потребительском рынке. Т.к. именно рынок создает независимый от бюджета источник финансирования и в случае его успешного освоения государство снимет с себя значительную часть затрат и сможет направить освободившиеся ресурсы на создание того технологического базиса, без которого говорить о прогрессе нейротехнологий в России не представляется возможным.

На данный момент мы потеряли много времени на старте становления и развития нейротехнологий, поэтому имеющийся в России технологический базис для развития данного направления несравненно слабее того, что имеется, в странах ЕС, США и Китае. Поэтому, заявляя о включении России в мировую гонку, следует понимать, что при настоящих стартовых позициях, без существенных изменений в сфере нейротехнологий, в том числе - в системе организации, упущенное время не вернуть.

Кроме того, не стоит забывать, что зарубежным группам, занимающимся разработкой практических приложений в области нейротехнологий, нужно на порядок меньше времени для вывода своей продукции на потребительский рынок. Существует опасность того, что отечественный рынок в значительной степени может быть монополизирован зарубежными компаниями.

Реальная государственная политика России в сфере инноваций приводит к постоянному затягиванию процесса «индустриализации».

Уже сейчас необходимо заняться созданием условий для того, чтобы Россия имела свою нишу на мировом рынке продуктов нейротехнологий. В силу условий, в которых мы в данный момент находимся (экспортный контроль, таможенные службы и т.д., о которых было сказано выше), создаются препятствия для полноценного развития. Существует опасность того, спустя 5 – 7 лет отечественные продукты в данном секторе международного рынка не будут востребованы.

В связи с обозначенными факторами процесс создания секторов практических приложений нейротехнологий, организации производства и внедрения продукции должен развиваться в нескольких направлениях.

1. Необходима разработка и создание механизма запуска научно-технологических процессов. В данном аспекте важно проведение анализа задач и проблем конкретных предприятий и отраслей промышленности, других секторов экономики и социальной сферы, что позволит выделить те позиции, где использование нейротехнологий и практических приложений даст конкретный научно-технический и экономический эффект.

2. Необходима организация совместной работы в различных регионах России с предприятиями и организациями, решающими проблемные, важные для страны вопросы. В первую очередь, таковыми являются структуры оборонно-промышленного комплекса. На их основе можно отработать механизмы промышленного внедрения уже существующей продукции нейротехнологий (интеллектуальные средства управления, программные средства, реализующие алгоритмы нейровычислений), а также создания новой продукции, реализованной в соответствии с сформулированными ими требованиями. Полученный при этом опыт может быть в дальнейшем использован в рамках широкомасштабной акции по переводу отечественной экономики на инновационный путь развития.

Приобретение опыта практико-ориентированной деятельности, связанной с созданием завершенных разработок, внедрением на рынок продуктов нейротехнологий предоставит возможность формирования высокопрофессиональных коллективов специалистов, которые на сегодняшний день отсутствуют или являются не скоординированными.

3. Необходимо и целесообразно создание консорциумов, ориентированных на решение технологических задач определенной тематической направленности.

Такие структуры могут развиваться в форме частно-государственного партнерства, в основу стратегии которого должна быть также положена концепция, определяющая выбор приоритетных направлений в сфере внедрения нейротехнологий. В этом случае государство, выступая заказчиком разработок, получит проекты, готовые к привлечению инвестиций на конкурсной основе или на основе частно-государственного партнерства, результатом которых

будут организация высокотехнологичных производств, создание новых площадок по внедрению и продажам конкурентоспособной продукции на российском и зарубежном рынках.

Системный подход и структурирование деятельности таких консорциумов в части отбора проектов, внедрения практических приложений в производство и вывода новой продукции на рынок позволит уже в среднесрочной перспективе запустить реальные механизмы коммерциализации продуктов нейротехнологий и привлечь средства частных, в том числе, и зарубежных инвесторов, оптимизировав тем самым государственные расходы.

Кроме того, специфика данного направления, находящегося на «стыке наук» выделяет его как специфическую область междисциплинарных научных и инженерных знаний. Поэтому вопрос подготовки соответствующих научных, инженерных и рабочих кадров требует разработки нетрадиционных специальных образовательных программ разного уровня. Это курсы лекций, лабораторные работы и учебные пособия для специалистов, желающих получить второе высшее образование, для магистрантов, студентов и для переподготовки и повышения квалификации преподавательского состава.

Задачи образовательного процесса в области нейротехнологий:

- подготовить специалистов, готовых к приобретению новых знаний и формированию практических навыков в данной области;
- обеспечить рабочий и технический персонал современными и перспективными технологическими навыками;
- заинтересовать руководителей производств возможностями, которые дает внедрение нейротехнологий;
- подготовить население к принятию взвешенных решений в постоянно меняющемся обществе.

Информация, связанная с развитием нейротехнологий в России и за рубежом, доходит до населения в очень ограниченных объемах через СМИ. Информация, распространяемая научным сообществом, также носит специальный характер и не затрагивает практических аспектов использования продуктов нейротехнологий. Эти способы передачи нейротехнологических знаний населению не могут считаться достаточными. Необходимо вести поиск и других путей и методов просвещения, т.к. полная информированность о нейротехнологиях будет формировать у населения и, прежде всего, молодежи стремление к получению специальных знаний в этой области.

Как вариант развития данного направления может быть создание Консорциума по нейротехнологиям, задачи которого будут заключаться в следующем:

- создание российского рынка практических приложений и продуктов нейротехнологий;

- защита интересов разработчиков, производителей и потребителей продукции нейротехнологий;
- организация единого информационного пространства для развития прикладных направлений нейротехнологий и производств на их основе;
- содействие продвижению практических приложений и продуктов нейротехнологий российских предприятий и организаций на мировой рынок.

Развитие нейротехнологий относится к числу важнейших проблем, которые должны быть сформулированы и рассмотрены уже сегодня, чтобы своевременно найти необходимые решения. Россия должна иметь на этом поле достойный для равноправных переговоров потенциал.

## **4 ОСНОВНЫЕ РИСКИ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВАРИАНТОВ СРЕДНЕСРОЧНОГО И ДОЛГОСРОЧНОГО РАЗВИТИЯ ДАННОГО НАПРАВЛЕНИЯ И ЕГО ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ РОССИИ**

### **4.1 Перечень и характеристики наиболее важных факторов и параметров среднесрочного и долгосрочного развития данного направления и его практических приложений для России**

В среднесрочном и долгосрочном периоде российская экономика столкнется с системными вызовами, отражающими как мировые тенденции, так и внутренние барьеры развития. В число этих вызовов входят:

#### **1. Технологические изменения.**

Прогнозы развития в развитых странах экономических систем предполагают формирование новой технологической базы, основанной на использовании современных достижений биотехнологий, информатики и нанотехнологий. Развитие нейротехнологий создаст условия для формирования наукоемких и высокотехнологичных производств, расширения позиций на мировых рынках, модернизации всех отраслей экономики. Так внедрение нейронных сетей и элементов компьютерного управления на их основе позволит значительно увеличить скорость обработки информации, снизить энергозатраты на производство, что в свою очередь приведет в долгосрочной перспективе к смещению зависимости от энергоресурсов в сторону инновационных технологий, удешевлению процесса производства за счет снижения затрат не только на электроэнергию, но и на сырье посредством уменьшения выбраковывания.

Внедрение подходов нейроэкономики и ее частного случая нейромаркетинга позволит влиять на мировой рынок продаж, посредством моделирования поведения потребителей, способствуя продвижению Российской Федерации на лидирующие позиции не только на традиционных рынках, но и на рынках новых инновационных технологий. Отказ от развития данного направления приведет к возможности заданного зарубежного воздействия на российское общество с помощью искусственных когнитивных систем посредством формирования преобладающих идей и мнений.

#### **2. Возрастание роли человеческого капитала как основного фактора экономического развития.**

Конкурентоспособность современной мировой экономики определяется качеством профессиональных кадров, и без должного развития здравоохранения и образования преодолеть сложившиеся негативные тенденции в развитии человеческого потенциала невозможно.

Сегодня в Российской Федерации наблюдается резкое увеличение числа неврологических заболеваний, так за период с 2000 по 2012 год число пациентов с впервые установленным диагнозом увеличилось на 4,6%, а у детей в возрасте от 0 до 14 лет – на 33,5% [101]. Число людей только с болезнью Паркинсона и болезнью Альцгеймера в России колеблется от полутора до двух миллионов человек. Такая высокая заболеваемость, а в перспективе инвалидизация и смертность приведут к сокращению и без того сокращающейся вследствие старения (число лиц старше трудоспособного возраста возросло с 2006 по 2013 год на 12,55%) численности трудоспособного населения, к ограничению трудоспособности и сфер трудовой деятельности [101].

Переломить ситуацию будет возможно посредством внедрения в медицинскую практику новых технологий комплексной доклинической диагностики нейродегенеративных заболеваний (болезней Паркинсона и Альцгеймера путем идентификации периферических биомаркеров на основе геномики, протеомики и метаболомики) и инновационных диагностических устройств с целью выявления заболеваний на ранней стадии развития, применения технологий комплексных мозго-машинных интерфейсов на основе биометрических каналов управления (ЭЭГ, ЭМГ), фармакологической модуляции функций мозга. В перспективе для реабилитации больных важное место займут робототехнические приложения, позволяющие восполнять коммуникативную и двигательные функции при помощи нейроэлектронных систем и экзоскелетных конструкций.

Отрицательную динамику имеет и производительность труда в Российской Федерации, так за период с 2003 по 2012 год в целом по экономике она снизилась на 3,64% [101]. Однако необходимо учитывать, что на данный показатель оказывают влияние множество факторов, в частности трудовые, материальные, технические, природные и финансовые ресурсы. Выправить данный показатель будет возможно посредством модернизации производств и внедрения на них систем высокоинтеллектуального управления процессами, что позволит исключить вероятность возникновения ошибок, снизит травматизм за счет высвобождения человеческих ресурсов, обеспечит возможность трудоустройства лиц с физическими недостатками. Также модернизация рабочих мест с целью увеличения производительности труда, повышение качества профессиональной подготовки и переподготовки кадров позволят создать новые высокопроизводительные рабочие места.

3. Кроме того, развитие одного из направлений нейронаук, а именно искусственных когнитивных систем, в процессе реализации которого будут созданы нейроморфные искусственные нейронные сети и антропоморфные роботы для решения военных и разведывательных задач, позволит Российской Федерации обеспечивать обороноспособность страны на должном уровне, поскольку многие передовые страны, в том числе и представляющие угрозу, активно занимаются разработками и уже достигли определенных успехов в данной области.

Таким образом, развитие нейротехнологий приведет к тому, что экономика Российской Федерации приобретет инновационный социально-ориентированный облик. Экономический рост при этом будет обуславливаться:

1. диверсификацией экономики, основу структуры которой будут составлять высокотехнологичные отрасли и отрасли «экономики знаний», доля которых в ВВП должна значительно возрасти;
2. повышением конкурентоспособности и эффективности экономики за счет увеличения производительности труда в 1,5 раза (в соответствии со сценарием форсированного роста в 2018 году) и энергоэффективности [16];
3. инновационной активностью частного сектора за счет освоения новых рынков, расширения ассортимента продукции;
4. активизацией фундаментальных исследований и особенно прикладных разработок за счет увеличения бюджетных затрат на них до 3,5 – 4,0% ВВП в 2020 году;
5. повышением качества человеческого капитала;
6. ростом отраслей, ответственных за развитие человеческого потенциала (здравоохранения и образования);
7. повышение обороноспособности страны.

#### **4.2 Возможные риски в решении сформулированных задач**

Последнее десятилетие (2001 – 2012 гг.) характеризовалось экономическим ростом в Российской Федерации со среднегодовыми темпами 4,7%, однако в 2013 году темпы роста российской экономики резко замедлились: ВВП вырос на 1,3 % против 3,4 % в 2012 г. [16]. Расходы на гражданскую науку из средств федерального бюджета в 2000 – 2012 гг. также росли и в 2012 г. составили 0,56% от ВВП [101]. В начале 2014 года негативные тенденции усилились. В I квартале 2014 г. по отношению к соответствующему периоду предыдущего года динамика ВВП замедлилась до 0,9 % против 2,0 % в последнем квартале 2013 года. По оценке Минэкономразвития России, по отношению к предыдущему кварталу ВВП снизился на 0,5% [19].

Предполагаемые сценарии долгосрочного развития российской экономики:

1. **Вариант 1 (базовый)** предполагает сохранение инерционных тенденций, сложившихся в последний период, консервативную инвестиционную политику частных компаний, ограничение расходов на развитие компаний инфраструктурного сектора, при стагнации государственного спроса.

2. **Вариант 2 (умеренно-оптимистичный)** предполагает ведение политики, направленной на снижение негативных последствий, связанных с ростом геополитической напряженности, и создание условий для более устойчивого долгосрочного роста.

3. **Вариант А** предполагает ухудшение ситуации в мировой экономике и сильное снижение цен на нефть [19].

Усугубляется ситуация нарастающей тенденцией к старению и сокращению населения в трудоспособном возрасте, что обусловлено вступлением в трудоспособный возраст относительно малочисленных поколений людей, рожденных в 1990-е годы. Так общая численность населения Российской Федерации за последнее десятилетие сократилась на 1,17%, трудоспособного населения – на 4,46% [101].

Численность научных исследователей составила в 2012 году 372620 чел., что на 12,52% меньше по сравнению с 2000 годом [101].

В российской сфере НИОКР складывается ситуация неконкурентоспособности рабочего места. Уровень затрат на одного исследователя очень низок, что ведет к деградации научно-технологического потенциала сферы НИОКР (кадрового и инженерно-технического). Не переломило устойчивую негативную тенденцию изменение кадрового состава научного сектора и увеличение финансирования науки в последние годы. Возобновление притока молодых ученых не остановит процесс старения научно-инженерных кадров. Средний возраст российских исследователей в 2011 году составил 48 лет, а 37,5% исследователей в России – люди в возрасте 55 лет и старше. Ухудшение кадрового потенциала значительно снижает возможность проводить качественные исследования и опытно-конструкторские работы.

На мировых рынках российская наукоемкая продукция представлена весьма слабо. Ее доля на рынках высокотехнологичной продукции составляет менее 1%, в гражданской сфере – около 0,1%. Россия не входит в число мировых лидеров-экспортеров ни по одной из товарных групп гражданской высокотехнологичной продукции. При этом расходы на научные исследования в Российской Федерации значительно ниже расходов стран-лидеров (США – 2,9% ВВП, Республика Корея – 3,7% ВВП) [19]. В расчете на одного исследователя затраты на науку также уступают уровню развитых стран. Кроме того, в настоящее время ресурс многих российских научных установок исчерпывается и с учетом нарастающего физического и морального износа часть объектов утрачивает статус уникальных.

Разработки мирового уровня и лидирующие позиции Россия имеет только по трети из 34 важнейших технологических направлений. При этом существующие перспективные технологические заделы в отечественной экономике широко не используются, до коммерческого использования доведены лишь 16% технологий, из них только половина – технологии,



соответствующие мировому уровню. В экономике сформировался значительный разрыв между созданием технологий в сфере НИОКР и их использованием в массовом производстве [19].

Сегодня практически не осталось прикладных научных институтов и находящихся в ведении высших учебных заведений опытных предприятий. Кроме того, в вузах уменьшилось количество конструкторских и проектных организаций. В значительной степени эти организационные изменения явились реакцией сектора науки и образования на сокращение спроса на НИОКР со стороны традиционных заказчиков вузовских исследований – промышленных предприятий. В результате в России сектор высшего образования занимает лишь 9% от внутренних затрат на исследования и разработки тогда как в США – 13,5%, Германии – 18%, Франции – 21,3% [16].

На основании вышесказанного и Прогноза социально-экономического развития до 2030 года можно выделить следующие основные риски, препятствующие развитию нейротехнологий:

1. недостаточность финансирования исследований и разработок, что может привести к невозможности реализации многих проектов;

2. стагнирование уровня бюджетного финансирования и слабая вовлеченность частного сектора (в 2012 году – 25,58%, по прогнозу в 2030 году – не более 40%) в развитие исследований и разработок приведет к сокращению сектора фундаментальной и прикладной науки, что исключит возможность эффективной реализации крупномасштабных научно-технологических проектов в области нейронаук;

3. преимущественное использование импортных технологий и оборудования вследствие низкого уровня развитости собственных наукоемких высокотехнологичных производств. При этом зависимость от импорта технологий и техники будет тормозить развитие собственного производства;

4. отсутствие или недостаточная оснащенность научно-исследовательских центров будет препятствовать осуществлению прорывных исследований и разработок;

5. неспособность создаваемой инновационной инфраструктуры обеспечивать эффективное функционирование полного цикла: от стадии фундаментального исследования до выпуска промышленной продукции;

6. низкая доля исследователей в общей численности работников науки (на уровне 50 – 45%), что значительно ниже, чем в развитых странах (Япония – 75%, Китай – 81%);

7. сосредоточение исключительно на разработках, имеющих коммерческое применение, что первоначально приведет к упадку фундаментальных исследований в области нейронаук, а затем и к спаду коммерческих разработок, основанных на морально устаревших данных;

8. отток высококвалифицированных кадров за границу вследствие нестабильности социально-экономической среды.

Все это в совокупности может оказывать негативное влияние на развитие науки и техники в целом и нейротехнологий в частности. Кроме того, существуют риски применения некоторых разработок в области нейроэкономики (например, нейромаркетинга) для манипулирования общественным мнением с целью выстраивания поведения социума в соответствии с потребностями определенных групп лиц, что может дестабилизировать общественно-политическую обстановку, привести к возникновению препятствий для проведения самостоятельной эффективной государственной политики, а также в риске для национального суверенитета и целостности страны, что в свою очередь затормозит или остановит полностью развитие нейроинтегрированной экономики в Российской Федерации.

#### **4.3 Возможные риски в появлении перспективных процессных и продуктовых технологиях**

Риски в появлении перспективных процессных и продуктовых технологиях в области нейронаук будут заключаться в взаимоисключаемости некоторых разработок:

1. развитие инновационной нейропротекторной фармакотерапии и иммунотерапии заболеваний мозга исключит необходимость создания специфических генно-инженерных конструкций для трансфекции клеток в патологически измененных отделах мозга;

2. развитие методов генной терапии в совокупности с выявлением генов, ответственных за развитие нейродегенеративных заболеваний, исключит необходимость разработок новых лекарственных средств для лечения данных заболеваний;

3. развитие тест-систем, позволяющих оценить риски возникновения нейродегенеративных заболеваний на предсимптоматическом этапе, и своевременная коррективка состояний исключит необходимость реабилитации пациентов и соответственно разработки и модернизации средств реабилитации;

4. развитие клеточной терапии, в основе которой будет лежать применение стволовых клеток (трансплантация стволовых клеток, выращенных *in vitro* и привитых в мозг с патологией, и терапевтическая модуляция эндогенных стволовых клеток для стимуляции нейрогенеза) исключит необходимость в разработке лекарственных средств для лечения нейродегенеративных заболеваний;

5. развитие методов нейростимуляции и нейромодуляции посредством оптической стимуляции клеток мозга, экспрессирующих светочувствительные ионные каналы, электрической стимуляции мозга с помощью временных или хронических имплантов, фармакологической

стимуляции клеток мозга, экспрессирующих специфические рецепторы к определенным лигандам (технология DREADs) также исключит необходимость разработки новых лекарственных средств для лечения нейродегенеративных заболеваний.

#### **4.4 Внешние риски**

Основными внешними рисками для развития нейронаук в Российской Федерации будут являться внешнеэкономические и внешнеполитические риски.

Внешнеэкономические риски в основном связаны с нестабильностью мировых рынков энергоносителей, что делает Россию крайне уязвимой в связи с соперничеством ведущих стран мира за контроль над углеводородными энергоносителями. Кроме того, в среднесрочной перспективе цена на нефть будет снижаться, способствовать этому будет увеличение предложения нефти со стороны США, Ирана и Ирака, а также завершение цикла мягкой монетарной политики в ряде ключевых развитых стран, прежде всего США. Аналогичная ситуация может наблюдаться и с ценовой политикой на природный газ, ценовую динамику которого будет сдерживать добыча сланцевого газа.

Замедление роста мировой экономики может сопровождаться снижением мировых цен на сырье, что окажет значительное воздействие на движение товаров и услуг и вызовет отток капитала с развивающихся рынков.

Последствиями такого замедления, которые могут отразиться на снижении российского экономического роста, вызвать разбалансированность финансовой и валютной системы, приостановить развитие науки и инновационных технологий, прежде всего, являются:

1. резкое снижение цен на нефть и другие сырьевые товары российского экспорта на мировых рынках. Несмотря на снижение вклада нефтегазового экспорта в формирование темпов экономического роста, резкое снижение мировых цен на нефть может повлечь за собой значительное ухудшение торгового и бюджетного балансов, поставить под угрозу устойчивость обменного курса и бюджетной системы, а также оказать негативное воздействие на динамику внутреннего спроса;

2. нестабильность на мировых финансовых рынках может вызвать отток капитала с российского рынка. В краткосрочном периоде это сказывается, прежде всего, на возможности банковского и корпоративного секторов рефинансировать текущие платежи по накопленному внешнему долгу и ограничивает дальнейший доступ на международные рынки капитала. Основные риски связаны с тем, что рост процентных ставок может замедлить инвестиционную и потребительскую активность экономики.

Рост геополитической напряженности привел к спаду инвестиций в основной капитал. В результате меняющейся внешнеполитической обстановки для предприятий резко ограничилось возможности привлечения средств на внешних рынках. Недостаток ресурсов для финансирования инвестиционных проектов и снижение спроса на инвестиции в результате роста неопределенности и ухудшения ожиданий является одним из основных негативных факторов, ведущих к торможению развития высокотехнологичных производств.

В более продолжительный период возможность привлечения иностранного капитала станет ключевой проблемой для сбалансированности платежного баланса и финансирования возрастающего объема импорта. Кроме того, снижение притока иностранного капитала, особенно в форме прямых инвестиций, может замедлить технологическую модернизацию производства и отразиться на конкурентоспособности российских обрабатывающих отраслей и процессах интеграции России в глобальную экономику. Вместе с тем значительное участие в экономическом развитии страны иностранного капитала и иностранных технологий повышает ее зависимость и усиливает внешние риски.

Неразвитость или отсутствие многих внешнеэкономических институтов, включая экспертно-аналитическое и информационное обеспечение внешнеэкономической политики, необходимых для формирования приоритетов в области наукоемких производств, создает существенные ограничения для реализации Россией имеющихся и создания новых конкурентных преимуществ на мировом рынке [19].

## **5 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕАЛИЗАЦИИ ЭФФЕКТИВНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ, НАПРАВЛЕННОЙ НА РАЗВИТИЕ СЕКТОРА ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК В КОНТЕКСТЕ ДАННОГО НАПРАВЛЕНИЯ**

### **5.1 Оценка проводимой государственной научно-технической и инновационной политики в рамках данного научно-технологического направления**

Развитие нейротехнологий инициировано мировым сообществом, исходя из осознания необходимости углубленного изучения мозга с привлечением всего арсенала фундаментальной науки для борьбы с большим числом тяжелых, инвалидизирующих, нередко фатальных заболеваний нервной системы. В связи с тем, что физическая и психическая инвалидизация при неврологических и психических заболеваниях занимает ведущее место среди всех причин стойкой нетрудоспособности в современном обществе, разработка проблем ранней диагностики, новых методов лечения, профилактики и реабилитации имеет не только медицинское, но и важнейшее социально – экономическое значение.

В настоящее время проблемы, обусловленные цереброваскулярной патологией, приобрели масштаб эпидемии. Ежегодно в мире, согласно официальным статистическим данным, церебральный инсульт поражает до 6 млн. человек, в России эти показатели составляют в среднем 450 тыс. человек в год. Каждые 1,5 минуты у одного из россиян развивается острое нарушение мозгового кровообращения. В России инсульт занимает второе место среди причин смерти населения. По данным Всероссийского центра профилактической медицины, в нашей стране от цереброваскулярных заболеваний умирает 25% мужчин и 39% женщин. Следует подчеркнуть катастрофические последствия ишемического инсульта – до 84 – 87% больных умирают или остаются инвалидами и только 10 – 13% пациентов полностью выздоравливают. Но даже среди выживших больных у 50% наступают повторный инсульт в последующие 5 лет жизни. Среди всех инсультов 80% составляют инсульты ишемического характера.

Важнейшим фактором экономического роста является научно-технический прогресс. Однако развитие науки, использование ее достижений не может быть обеспечено только рыночным механизмом. Здесь необходима всесторонняя государственная поддержка, ибо исследования и разработки, продиктованные сугубо коммерческими интересами отдельных частных предприятий, редко соответствуют общенациональным экономическим интересам, да и ведутся в более узких областях. К тому же частные фирмы, предприятия не всегда располагают достаточным капиталом для проведения НИОКР.

Меры государства в сфере НИОКР выступают как государственная научно-техническая политика. Она представляет совокупность принципов и методов, направленных на формирование и развитие научно-технического потенциала страны для достижения стратегических целей общества.

Целями научно-технической политики являются:

1. государственная поддержка национальной науки;
2. стимулирование развития ее приоритетных направлений, имеющих общенациональное значение;
3. обеспечение условий для внедрения и эффективного использования научных достижений в сфере производства.

Основным документом, определяющим направления развития науки и технологий в России на среднесрочную перспективу, является Государственная программа Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013 – 2020 годы (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 декабря 2012 г. №2433-р)

Целями госпрограммы являются формирование конкурентоспособного и эффективно функционирующего сектора исследований и разработок и обеспечение его ведущей роли в процессах технологической модернизации российской экономики. Среди задач программы:

1. развитие фундаментальных научных исследований;
2. создание опережающего научно-технологического задела на приоритетных направлениях научно-технологического развития;
3. институциональное развитие сектора исследований и разработок, совершенствование его структуры, системы управления и финансирования, интеграция науки и образования;
4. формирование современной материально-технической базы сектора исследований и разработок;
5. обеспечение интеграции российского сектора исследований и разработок в международное научно-технологическое пространство и другие.

Национальные научно-технологические приоритеты реализуются также с помощью национальных научно-технических и инновационных программ, федеральных и отраслевых целевых программ, в том числе ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на период 2014 – 2020 годы» (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 21 мая 2013 г. № 426; общий объем финансирования на 2014 – 2020 годы – 239 млрд. рублей, в том числе за счет средств федерального бюджета – 202,2 млрд. рублей) и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2014 – 2020 годы (утверждена постановлением Правительства

Российской Федерации от 21 мая 2013 г. № 424; общий объем финансирования на 2014 – 2020 гг. – 201,2 млрд. руб., в том числе за счет средств федерального бюджета – 153,5 млрд. руб.).

Направления государственной научно-технической политики в среднесрочный и долгосрочный периоды определяются Президентом Российской Федерации на основе специального доклада Правительства Российской Федерации.

Законодательный орган государственной власти Российской Федерации ежегодно в соответствии с посланием Президента Российской Федерации о положении в Российской Федерации и предложениями Правительства Российской Федерации определяет при утверждении федерального бюджета годовые объемы средств, выделяемых для выполнения федеральных научно-технических программ и проектов, объем финансирования научных организаций и размер средств, направляемых в федеральные государственные фонды поддержки научной, научно-технической, инновационной деятельности.

Определение основных направлений государственной научно-технической политики, научно-техническое прогнозирование, выбор приоритетных направлений развития науки и техники, разработка рекомендаций и предложений о реализации научных и научно-технических программ и проектов, об использовании достижений науки и техники осуществляются в условиях гласности, с использованием различных форм общественных обсуждений, экспертиз и конкурсов.

Государственная научно-техническая политика в отношении определенных отраслей разрабатывается и реализуется соответствующими органами исполнительной власти с привлечением хозяйствующих субъектов и их объединений с учетом единой государственной научно-технической политики.

Текущие приоритеты были утверждены распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 декабря 2012 г. №2433-р «Об утверждении Государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий» на 2013 – 2020 годы». Проект перечня тематических областей для финансирования поисковых и прикладных научных исследований по приоритетным направлениям развития науки и технологий (Приложение 1 к Государственной программе Российской Федерации «Развитие науки и технологий» 2013 – 2020 годы) включает: «Биотехнологии и Медицина и здравоохранение».

За последние годы в России были предприняты значительные усилия по разрешению проблем, накопленных в сфере исследований и разработок в 1990-е годы в период кризисного развития (отчасти накапливавшихся в течение десятилетий), по развитию и реализации интеллектуального потенциала страны.

В 2008 году была принята Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года – основополагающий документ, определяющий

стратегию развития страны, в том числе научно-технологического комплекса и инноваций в научно-технологической сфере.

В 2011 году была принята Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 декабря 2011 года № 2227-р (далее – «Стратегия инновационного развития»), в которой обозначено восстановление лидирующих позиций российской фундаментальной науки на мировой арене, а также формирование сбалансированного и устойчиво развивающегося сектора исследований и разработок.

В начале 2012 года были приняты «Основы политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» (утверждены Президентом Российской Федерации 11 января 2012 года № Пр-83), в которых стратегической целью государственной политики в области развития науки и технологий названо обеспечение к 2020 году мирового уровня исследований и разработок и глобальной конкурентоспособности Российской Федерации на направлениях, определенных национальными научно-технологическими приоритетами.

В вышеперечисленных документах заложены основы действующей национальной инновационной системы, сформулирована система мер по развитию сектора исследований и разработок, инновационной инфраструктуры, образовательной среды, технологической модернизации российской экономики на основе технологических инноваций.

Целевым ориентиром, заданным «Стратегией инновационного развития», к примеру, является выход к 2020 году относительного показателя доли внутренних затрат на исследования и разработки в процентах от валового внутреннего продукта (ВВП) на уровень 3%.

В настоящее время приоритетным направлением деятельности государства стало развитие инновационных нейротехнологий. В Программе экономической реформы сформулирована цель правительства, которая состоит в обеспечении того, чтобы превосходство России в этой сфере науки и технологии превратилось в ресурс экономического роста. Создание благоприятных условий для инновационной деятельности в области нейротехнологий позволит модернизировать технологическую базу российской экономики и кардинально повысить конкурентоспособность отечественных продуктов и разработок в этой области.

## **5.2 Рекомендации по использованию различных механизмов и инструментов в развитии научных исследований по данному направлению**



Ключевые элементы фундаментальной науки, которые должны продвигать общее развитие нейротехнологий, разбиты на четыре направления:

1. Точность измерения и сбора данных.
2. Расширенный компьютерный обсчет данных, моделирование и симуляция.
3. Глубокое понимание нейронных структур, сетей и функций.
4. Теория мозга и познания, архитектура комплексных систем.

Каждое из этих направлений будет играть важную роль в развитии нейротехнологий, и должны развиваться одновременно, а не в изоляции друг от друга. Нужды фундаментальной науки включают развитие новых инструментов для исследований и достижения более глубокого понимания функционирования нашего мозга и сознания.

Первые шаги включают переход технологии от медицинских к другим приложениям, и развитие технологий с более высоким разрешением по всем параметрам и новых инструментов, использование которых выходит за рамки обычной медицинской техники. Систематическая оценка неврологической и нейротехнической эвристики показала что развитие и использование новых технологий, таких как функциональная магнитно-резонансная томография и магнитоэнцефалография, и методов анализа имеют большой потенциал для расширения и углубления понимания функционирования мозга и приведет к развитию более продвинутых технологий и расширению спектра их применения.

Долговременные цели, которые практически совпадают с общими целями программы, направлены на глубокое и всестороннее понимание неврологической составляющей, структуры мозга, его функционирования и механизмов познания. Первостепенными задачами являются изучение и понимание таких процессов как нейрогенез и пластичность мозга, которое прежде всего направлено на восстановление поврежденных или утраченных функций мозга и других подобных применений. Механизмы и технологии анализа, включающие в себя моделирование и симуляцию процессов в мозге, в комбинации с тесным сотрудничеством в таких областях как нейронауки, компьютерные технологии и когнитивная психология, приведут к построению единой модели мозга.

Одним из приоритетов развития нейротехнологий является создания исследовательских технологий с более высоким временным и пространственным разрешением, новых инструментов и техник для анализа изображения мозга, стандартизация формата данных, обмен данными между исследовательскими группами и междисциплинарные исследования. Это все можно отнести к краткосрочным планам по применению новых технологий для улучшения уже полученных результатов и данных, и к долгосрочным перспективам по развитию новых технологий и новых направлений. Это также требует создание государственных междисциплинарных исследовательских центров и баз данных по нейротехнологиям.

В настоящее время технологии изучения мозга, такие как МРТ и системы анализа изображения мозга, обладают недостаточным разрешением для детального изучения и полного понимания физиологических процессов, архитектуры нейрональных сетей, комплексных процессов коммуникации и когнитивных функций. Существующие приборы и технологии были созданы для клинических нужд и технологии развиваются в этом направлении. Современные технологии сканирования мозга (функциональная МРТ и ЭЭГ) могут исследовать только глобальные процессы. Разрешение не инвазивных сканеров мозга увеличивается в 2 раза каждые 12 – 18 месяцев. Однако, достаточное временное и пространственное разрешение на клеточном (нейрональном или глиальном) уровне все еще недоступно.

В данное время разрешение фМРТ, которая является одним из основных инструментов функциональных исследований мозга, составляет 2 – 4 мм, или 0,5 мм в сканерах последнего поколения. Однако, этот метод позволяет регистрировать активность мозга не напрямую, а лишь разницу в парамагнитных сигналах от оксигенированного и неоксигенированного гемоглобина. Временная разница между нейрональной и глиальной активацией и парамагнитным сигналом может достигать 2 – 10 секунд. Что является неадекватным в условиях изучения и картирования быстрых процессов. Позитронно-эмиссионная томография обладает хорошим временным разрешением, но не пространственным. Таким образом, для регистрации различных процессов необходимо применять комбинированные, не существующие на сегодняшний день, технологии.

Как подчеркнуто выше, увеличение разрешения существующих инструментов является необходимым для полного понимания механизмов функционирования мозга, однако, уже сейчас есть необходимость в совершенно новых технологиях и приборах. Они должны быть комбинированными, более компактными и доступными, применимыми для исследований *in vivo* и с высочайшим разрешением. Это позволит вывести исследования на абсолютно другой уровень и откроет потенциал для исследований в реальных физиологических условиях.

С помощью новых методов регистрации и обработки сигналов, полученных в исследованиях мозга, можно получить больше информации из уже полученных данных, что приведет к новым открытиям. В настоящее время исследователи получают комплексные массивы данных при регистрации активности мозга, но технологии обработки и анализа полученных сигналов далеки от совершенства. Расшифровка сигналов мозга и картирование его активности является одной из приоритетных задач в исследованиях.

Также необходимо создать единые сети и центры сосредоточения исследовательских технологий последнего поколения. К сожалению, на сегодняшний день исследовательские приборы последнего поколения разбросаны по единичным исследовательским лабораториям и центрам, что не дает возможности их использования в полной мере. Полученные уникальные данные (базы данных исследований на пациентах, функциональные исследования метаболических

или анатомических доменов мозга) также остаются недоступными для общего пользования и рассматриваются только с точки зрения исследователей проводивших эксперимент. Необходимо создать сеть центров оснащенных приборами последнего поколения и единую систему баз данных результатов исследований для общего доступа исследователей.

### **5.3 Рекомендации по использованию различных механизмов и инструментов в развитии инновационной политике по данному направлению**

В программе по развитию нейротехнологий

ниже.

### **Интерфейс мозг-компьютер как ключевая технология для применения в медицине.**

Основные направления исследований в этих технологиях сфокусированы на клиническом применении нейрональных протезов для парализованных пациентов после инсульта, травм, нейродегенеративных заболеваний и т.д. Уже достигнут определенный прогресс в прямом имплантировании интерфейсов в мозг человека для ввода и вывода сигналов. В то время как достигнут определенный прогресс в уменьшении размеров имплантируемых приборов и минимизированы негативные последствия прямой стимуляции и регистрации, эти технологии все равно рассматриваются как рудиментарные. Однако, с совершенствованием технологий потенциалы применения подобных методов будут увеличиваться в геометрической прогрессии и многие технологии разрабатываемые для медицинского применения могут быть адаптированы для усиления когнитивных и поведенческих функций человека. Комплексные исследования и разработки новых приборов позволят создать уникальные интерфейсы для активации определенных нейрональных сетей участвующих в когнитивной деятельности человека.

### **Системы детекции, предотвращения и восстановления повреждений мозга.**

Конечной целью нейротехнологических исследований и применений является создание технологий ранней идентификации, предотвращения и коррекции травм и повреждений функций головного мозга. Рынок нейротехнологической промышленности оценивается в 155 миллиардов долларов США и ориентирован на производство нейрональных протезов, интерфейсов и нейрофармакологической продукции. Спектр медицинских нейротехнологий ориентированных на восстановление различных функций мозга станет главным направлением развития в ближайшее время. Прогноз в этой области зависит от развития фундаментального понимания процессов происходящих в мозге и дальнейшего развития нейроинженерии.

### **Восстановление утраченных функций мозга.**

Полное восстановление и лечение повреждений мозга представляется возможным в будущем, учитывая работы, проводимые в этом направлении, на сегодняшний день. Дальнейшие достижения в области интерфейсов мозг-компьютер, исследования нейрогенеза и регенерации, и большего понимания пластичности мозга и его компенсаторные способности приведут к возможности полного восстановления утраченных функций путем регенерации или технической компенсации поврежденной нервной ткани. Мозг и восстановление его функций является одним из основных направлений исследований в современной медицине.

Для достижения прогресса в данном направлении необходимо развитие и усовершенствование следующих направлений и технологий:

- Разработать технологии определения и понимания ранних признаков и развития - неврологических заболеваний и травм.

- Разработать механизмы коррекции последствий или предупреждения нейродегенерации.
- Разработать технологии раннего выявления психических или когнитивных расстройств с помощью нейровизуализации и других инструментов нейротехнологий.
- Разработать технологии и системы оценки структурных и функциональных аспектов таких процессов, как восприятие боли, различные виды зависимости, продолжительные депрессии и тревога.
- Разработать технологии восстановления и замены утраченных функций мозга с применением механизмов нейрогенеза и регенерации.

Также целью является разработка технологии получения полностью функциональной нервной ткани, способной заменить поврежденные участки и функции мозга.

### **Системы усиления когнитивных функций.**

Первыми шагами в усилении когнитивных функций человека посредством нейротехнологий не обязательно должны быть в традиционном научно-фантастическом стиле. Вместо этого они могут включать неинвазивные устройства и технологии для фокусировки или дополнения человеческих способностей, таких как устройства для увеличения способностей к обучению и восприятию информации, усовершенствованные интерфейсы на основе нейрокогнитивных принципов, механизмов обратной связи, а также вспомогательные устройства для людей с ограниченными возможностями. Использование технологий и устройств, физически взаимодействующих с мозгом, может быть следующим шагом и будет зависеть от достижений в глубоком понимании сигнальных путей и общего функционирования мозга.

### **Применение нейротехнологий для усиления процессов обучения, запоминания и познания.**

Когнитивные науки сходятся к определению процесса обучения как результата активного поведенческого опыта с обратной связью. Скорость и качество обучения, таким образом зависит от количества опыта и качества обратной связи, которые могут быть получены в течение долгого времени. Серьезные, но в целом неудачные попытки усовершенствовать процесс обучения, включают такие методики, как обучение во сне и более успешные игровые методы. Количество обучения, которое человек может получить в заданный временной отрезок, ограничено естественными условиями. Таким образом, обучение представляет контекст распознавания образов и принятия решений. Во время процесса обучения обратная связь представлена обучаемому, и научно доказано, что наиболее быстрая и эффективная обратная связь связана с вознаграждением. Все усилия по совершенствованию технологий обучения были сконцентрированы на компоненте производительности, а не на последующей компоненте закрепления результата. Технологии усовершенствования обучения, основанные на теоретических

прорывах в нейротехнологиях, позволят внести изменения по всей шкале аспектов обучения.

Для достижения прогресса в данном направлении необходимо развитие и усовершенствование следующих направлений и технологий:

- Нейротехнологические решения для усовершенствования процессов обучения и принятия решений.
- Технологии усиления возможности человека в процессе обучения, запоминания, принятия решений, и других когнитивных функций через механизмы обратной связи.
- Технологии передачи полусинтетического и искусственного опыта.
- Технологии усиления когнитивных функций, моторных навыков, чувств и творческих способностей человека посредством нейротехнологических решений.

### **Когнитивные компьютерные технологии и синтетический мозг.**

Как и во всех других областях нейротехнологий, потенциал вычислительных решений на основе когнитивных моделей мозга и познания будет продолжать расти. Влияние глубокого понимания механизмов функционирования мозга и познания будет продвигать развитие вычислительной техники и технологий, смоделированных на основе этих процессов. В настоящее время усилия должны быть направлены и расширены по другим дисциплинам для развития взаимного обогащения идеями. Общими целями в этой области нейротехнологий являются создание функциональных машин по образцу человеческого мозга, и создание высокоточной компьютерной модели человеческого мозга. Опять же, это потребует гораздо большего понимания когнитивных функций на функциональных и структурных уровнях.

**Когнитивные компьютеры и исследования по расширению способностей познания являются основой будущих нейротехнологий.**

Когнитивные компьютерные технологии представляются основными инвестиционными объектами ближайшего будущего в свете расширения продвижения нейронауки и нейротехнологий. Первыми шагами в этом направлении могут стать инструменты усовершенствования способностей к обучению и запоминанию, взаимодействующие непосредственно с мозгом, или инструменты непосредственного взаимодействия человек-машина, сочетающие в себе самые сильные стороны человека и технологий. В будущем, традиционное погружение в виртуальную реальность может быть заменено синтетическим опытом или опытом сохранённым и переданным от третьих лиц.

Усиление способностей человека как психических, так и физических, может быть достигнуто только с развитием сложных интерфейсов для коммуникации непосредственно с мозгом и при полном понимании когнитивных процессов и сигнальных путей в мозге человека.

Для достижения прогресса в данном направлении необходимо развитие и усовершенствование следующих направлений и технологий:

- Развитие современных методов вычислений для моделирования функций мозга; разработка функциональной синтетической модели мозга.
  - Технологии биокомпьютеров, искусственных нейронных сетей и микросхем на их основе.
  - Технологии когнитивных компьютеров и робототехники на их основе.
- Технологии цифрового аналога имитирующего человеческие мысли, умения, навыки и эмоции.

#### **5.4 Рекомендации по корректировке научно-технологических приоритетов исследований и разработок по данному направлению**

Нейротехнологии в настоящее время охватывают широкий спектр дисциплин, которые образуют самостоятельную область науки о мозге. Необходимо провести ряд важных изменений в исследовательской и технологической инфраструктуре, так как для понимания функционирования мозга и развития нейротехнологий вовлекаются ученые из различных исследовательских областей. Усилия правительства в этой области приведут к значительному развитию нейротехнологий и научного общества работающего в этой сфере. Федеральное правительство находится в наиболее выгодном положении для того, чтобы сделать большой шаг вперед для развития нейротехнологий, так как обладает потенциалом для развития ключевых технологий с привлечением инвестиций и уже существуют правительственные программы, поддерживающие различные области нейротехнологических исследований. Для достижения этих целей ниже вынесены предложения и рекомендации по ключевым программам и исследовательским областям, которые необходимо развивать. Ожидается, что эти шаги приведут к экспоненциальному развитию нейротехнологий и революционных приложений.

#### **Создание сфокусированной программы инвестирования в критические области нейротехнологий.**

На данный момент существуют программы государственной поддержки исследований в различных областях науки о мозге, которые могут быть сфокусированы на исследованиях и разработках в области нейротехнологий. Программа развития и поддержки нейротехнологических исследований должна координировать и фокусировать правительственные инвестиции для развития ключевых областей. Координация программы инвестиций также должна включать в себя облегчение коммуникации программами по нейротехнологиям федеральных агентств, для достижения максимальных результатов и избегания дублирования исследовательских проектов.

## **Создание новых программ по нейротехнологиям и развитие «Основных задач» в нейротехнологиях.**

Усилия правительства Российской Федерации в развитии нейротехнологий должны быть направлены на установку основных задач в ключевых исследовательских областях и создании соответствующих программ.

### **Создание передовых исследовательских центров.**

Приоритетной задачей программы развития нейротехнологий должно стать создание региональных, интегрированных исследовательских центров в области нейротехнологий и центров коллективного пользования, направленных на решение ключевых задач. Эти центры должны включать в себя передовые исследовательские технологии, такие как исследование функциональных параметров мозга с помощью анализа изображения, электрофизиологическое оборудование и т.д., с возможностью междисциплинарного применения. Эти центры должны играть ключевую роль в обмене и сопоставлении полученных данных между существующими и новообразованными научными группами, с возможностью дистанционного сбора и анализа данных, обладать биоинформационными кластерами и возможностью для комплексных исследований. В этих центрах должны быть сосредоточены ключевые и междисциплинарные команды исследователей для создания новых путей решения проблем в нейротехнологиях и создания новых исследовательских подходов. В последние годы на базе некоторых университетов и исследовательских институтов были созданы междисциплинарные команды исследователей, которые показали превосходный результат, и в дальнейшем, на базе центров должны быть созданы команды для комбинированных исследований в областях от прикладной математики до нейротехнологий, робототехники и компьютерных технологий. Центры должны быть сосредоточены в местах с высокой концентрацией исследователей для привлечения большего числа высококвалифицированных специалистов. Этот подход хорошо зарекомендовал себя во всем мире в нанотехнологических и компьютерных исследованиях и разработках.

### **Развитие и усовершенствование исследовательских технологий.**

За последние годы не было какого-либо существенного прогресса или совершенно нового метода для исследования функций мозга и, в связи с этим, необходимы большие инвестиции, которые поспособствуют развитию совершенно новых исследовательских технологий. В частности, необходимо объединить усилия правительства, инженеров и ученых из других областей для создания технологий нового поколения для регистрации, передачи и анализа функциональных изменений в мозге.

### **Создание программы для изучения и понимания нейрогенеза и пластичности мозга.**

Нейрогенез и пластичность мозга будут играть ключевую роль в будущем в попытках восстановления и коррекции повреждений мозга при различных дисфункциях, но на данный



момент наши знания об этих процессах весьма ограничены. При полном понимании этих процессов станет возможно их клиническое применение.

#### **Создание программы для создания и развития многоуровневых моделей нейрональных сетей.**

Возможности правительства, научных и производственных мощностей, а также опыт в области когнитивных компьютерных технологиях должны быть направлены на создание функциональных микро-, мезо- и макромоделей мозга. Такие модели могут интегрироваться в функциональные, многоуровневые, интеграционные модели мозга и сознания, основанные на теоретических моделях.

#### **Ускоренное развитие технологий «Интерфейс мозг-компьютер».**

Решающее значение будет иметь развитие новых мультифункциональных устройств для ввода/вывода сигналов мозга в высоком временном разрешении. Эта программа будет включать в себя расширение и совершенствования существующих технологий, таких как глубокая стимуляция мозга, нейронные протезы и нейромодуляторы, а также усилия, направленные на использование клинических устройств в других целях, таких как механизмы биологической обратной связи или увеличения мозговой активности.

### **5.5 Предложения по ближайшим задачам государственной политики в рамках направления**

Ближайшими задачами государственной политики по развитию нейротехнологий должны стать следующие задачи:

- 1.

в том, чтобы не запрещать или препятствовать исследованиям и разработкам в нейротехнологиях, а определить и построить потенциальные траектории исследований, создать рабочую группу для разработки, анализа и руководства направлениями исследований в области нейротехнологий через формулирование государственной политики в этом направлении.

Некоторые области исследований и разработок в области нейротехнологий будут играть ключевую роль в дальнейшем развитии этой области. Некоторые существующие технологии используются на данный момент, несмотря на отсутствие глубокого понимания о том, как они на самом деле работают. Глубокое понимание процессов обучения и познания, развития нервной системы, нейрогенеза и пластичности и архитектуры когнитивных систем мозга будет способствовать дальнейшему развитию нейротехнологий. Некоторые из этих областей уже используются в медицине и академических исследованиях и необходимо организовывать сотрудничество между этими направлениями для целевого финансирования ключевых направлений в развитии нейротехнологий.

#### **Финансирование исследований в области обучения, познания, нейрогенеза и пластичности мозга.**

Глубокое понимание физиологических основ обучения, познания, нейрогенеза и пластичности мозга даст возможность реализовать попытки в повышении эффективности методов обучения и тренировки, и позволит проводить направленные исследования в повышении возможностей человеческого мозга. Министерство образования и науки, Министерство здравоохранения, научные фонды должны и исследовательские центры должны иметь программы подобных исследований, и кроме того, необходимо разрабатывать новые программы, направленные на целевые исследования в области познания и развития нервной системы, необходимые для дальнейших шагов в развитии нейротехнологий. Фундаментальные знания в области обучения, механизмов памяти, нейрогенеза во взрослом организме, нейроинженерия также являются ключевыми областями в нейротехнологиях. Исследования в этих областях будут применимы в диагностике, предотвращении и лечении нейродегенеративных заболеваний.

#### **Финансирование исследований архитектуры когнитивных систем мозга.**

Исследования в области архитектуры когнитивных систем мозга будут опираться на передовые инструменты моделирования, а также глубокого понимание структуры и функции мозга. Понимание в этих областях знания, в свою очередь необходимы для более продвинутых исследований в различных областях нейротехнологий, таких как усиление или манипуляция сигналами мозга и когнитивными функциями.

#### **Финансирование создания Национальной системы хранения данных по нейронаукам и нейротехнологиям.**

Отсутствие совместимого, легкодоступного банка данных по исследованиям мозга является одним из наиболее часто цитируемых препятствий в исследованиях на региональных семинарах, проводимых по всему миру. Есть некоторые, существующие в зачаточном состоянии, попытки, направленные на создание национальных сетей для обмена данными, в частности, спонсируемые Национальной Системой Здравоохранения США – BIRN.

Федеральное правительство должно поддержать инициативу создания Национальной базы данных и сетей для обмена данными и стимулировать их использование при исследованиях и разработках в области нейротехнологий. Государство должно играть ключевую роль в построении вычислительных и информационных инструментов необходимых для упрощенного, стандартизированного обмена данными.

## **5.6 Мероприятия по оптимизации процесса стратегического планирования по данному направлению**

Достижение цели и решение задач программы развития нейротехнологий

- Формирование Подпрограммы исследований по направлению «Мозг. Когнитивные науки».
- Проведение исследования в рамках области «Структурная и функциональная дифференцировка клеток головного мозга» по тематикам, определенным по результатам технологического прогнозирования.
- Проведение исследований в рамках области «Методы контроля функций клеток головного мозга» по тематикам, определенным по результатам технологического прогнозирования.
- Проведение исследований в рамках области «Механизмы патогенеза нейродегенеративных и когнитивных болезней» по тематикам, определенным по результатам технологического прогнозирования.
- Разработка мероприятий, направленных на обеспечение дальнейшего функционирования исследовательского консорциума и продолжения исследований по направлению «Нейротехнологии».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом, анализ текущих работ и уже полученных результатов в сфере нейротехнологий позволяет не сомневаться в успешности решения проблемы создания в ближайшее десятилетие нового класса технологической продукции в ответ на глобальные вызовы современной эпохи.

- *Замедление роста производительности труда*

Продуктивное использование информационных технологий требует новых организационных структур для поддержания устойчивой работы появляющихся новых поколений высокотехнологичного оборудования и программного обеспечения (ПО). Эти организационные структуры, в свою очередь, быстро устаревают, так что органы управления в организациях, связанных с использованием информационных технологий, должны проводить постоянные реструктуризации. Организация бизнеса оказалась сильно привязанной к ПО, которое требует постоянного совершенствования по мере его развития. В настоящее время область наиболее острой конкуренции переместилась в отрасли, активно применяющие нейро-информационные технологии – торговлю и услуги. Конкурентоспособность на мировом рынке в новой мировой экономике будет держаться на моделях бизнеса, системах и организационных структурах, привязанных к новым нейро-информационным технологиям.

- *Вызовы глобального демографического перехода*

В современной России демографическая ситуация, как и в развитых странах, остается достаточно сложной, несмотря на некоторое снижение убыли населения в последнее время. Низкая рождаемость оказывает непосредственное влияние на трудовую ресурсную базу, что является помехой динамике экономического развития России. Дефицит молодых кадров негативно сказывается, в первую очередь, на инновационно-технологическом развитии современного общества. Для ликвидации и нейтрализации последствий данного аспекта руководством России принимаются достаточно масштабные меры по поддержке рождаемости и ликвидации российской сверхсмертности, но этого недостаточно. По данным ОЭСР сегодня в мире на одного пенсионера приходится девять человек трудоспособного возраста, тогда как в развитых странах, для которых характерно старение населения – четыре. По прогнозам к 2050 г. в мире на одного пенсионера уже будет всего четверо трудоспособных, а в развитых странах только двое работающих. Прогнозом данной демографической ситуации в развитых странах является замедление экономического роста. На данный момент остается не ясным, вызовет ли старение населения замедление глобального роста и сужение возможностей для развивающихся стран. Ответ зависит от того, как скоро изменятся пенсионные механизмы и как быстро люди приспособятся к новой ситуации, уходя, например, на пенсию в более позднем возрасте. Своевременная адаптация будет минимизировать влияние

этих изменений на глобальный рост. Залогом обеспечения активного долголетия и здоровой старости являются следующие продукты нейротехнологий: методы лечения и ранней диагностики нейродегенеративных заболеваний, нейрокомпьютерные интерфейсы, нейроимпланты для коррекции и возмещения утраченных функций мозга.

- *Переход к производствам следующего поколения*

Для того, чтобы Россия выступала наравне с ведущими игроками на мировом экономическом рынке, необходимо создать отечественную глобальную конкурентоспособную систему проектирования, моделирования, автоматизации производств нового поколения: наукоёмкие производственные технологии, оборудование, материалы нового поколения для производства конкурентоспособных, индивидуализированных изделий. Данный комплекс технологических и организационных методов, должен быть основан на базе ИТ-технологий на протяжении всего цикла – от моделирования до утилизации конечного продукта, что подразумевает сопутствующее развитие современных систем автоматизации и интеллектуальной робототехники.

- *Освоение экстремальных климатических зон*

Российская Федерация может претендовать на расширенный континентальный шельф за пределами двухсот морских миль по арктическому побережью. Наибольший интерес для России представляет континентальный шельф Центрального Арктического бассейна. В этом районе, кроме значительных месторождений нефти и газа, обнаружены промышленные скопления россыпного золота, олова, алмазов и платиноидов. В общей структуре технических средств, используемых в процессах исследования и освоения Арктики, роботизированные подводные и надводные технические средства получают важную роль. Одним из главных приоритетов в вопросах практического применения продуктов интеллектуальной робототехники в ближайшем будущем может стать их использование в программах по освоению ресурсов российского арктического шельфа. Спектр направлений деятельности с применением данных продуктов в интересах морских энергетических и добывающих компаний достаточно широк. В частности, он включает выполнение геологоразведочных работ и охранных мероприятий на континентальном шельфе, проведение инженерных изысканий при проектировании морских нефтегазопромысловых сооружений и подводных трубопроводов и кабелей, контроль состояния подводной среды, а также контроль внешнего состояния подводной части морских нефтегазопромысловых сооружений и подводных трубопроводов. Решение этих задач неизбежно влечет за собой дополнительные исследования по созданию более совершенных робототехнических систем и технологий, расширению функциональных возможностей аппаратов при работе в условиях сложной подводной среды, способных осуществлять обозначенный круг рабочих миссий, функций и подводных операций.

- *Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения*

Мозг – компьютерные интерфейсы – системы коммуникации человека с машиной, основанные на непосредственном преобразовании намерений человека, отраженных в регистрируемых сигналах мозга, в управляющие команды, – дают надежду людям с ограниченными возможностями на восстановление утраченных функций или получение устройств, обеспечивающих их возвращение к нормальной жизни. Реализация данного научного направления позволит существенно расширить понимание механизмов функционирования мозга, даст ключ к лечению его повреждений, приведет к созданию устройств, повышающих качество жизни людей с ограниченными возможностями. Острые поражения головного мозга при инсультах, черепно-мозговых травмах и нейроинфекциях приводят не только к двигательным или чувствительным расстройствам, но и к изменениям в познавательной сфере человека. Нарушения восприятия, памяти, внимания, речи, мышления и самоконтроля существенно ухудшают качество жизни больных и мешают им возвратиться в их прежнюю социальную среду. Актуально развитие технологий, способствующих восстановлению когнитивных функций и связанных с ними повседневных навыков у больных с очаговыми повреждениями головного мозга. Создание систем управления органами и функциями в организме человека сигналами от головного мозга, реализуемых в виде бионических экзопротезов, электронных имплантатов или экзоскелетов, позволит резко повысить качество жизни миллионов людей, облегчит существование многим пожилым и больным людям.

- *Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС.*

Неврологические заболевания представляют существенную социальную и экономическую нагрузку для всех стран. Согласно данным Документа Консенсуса Европейской Программы Исследования Мозга приоритетными подходами являются нисходящие исследования (от конкретного заболевания к молекулярным механизмам) и приоритетными направлениями исследований признаны следующие заболевания: болезнь Альцгеймера и старческое слабоумие; болезнь Паркинсона и сопутствующие нарушения координации; инсульт и ишемические патологии мозга; эпилепсия и неконтролируемые нейрональные возбуждения; рассеянный склероз и другие воспалительные патологии мозга; энцефалопатии, связанные с прионным поражением мозга; травматические повреждения мозга; онкологические заболевания мозга; периферические нейропатии. В ходе исследований выявлено, что на диагностику и лечение этих заболеваний в развитых странах тратятся сотни миллиардов евро в год. В соответствии с данным фактом, указанная стоимость будет расти экспоненциально по времени в связи с интенсификацией процесса старения популяции, что указывает на необходимость принятия безотлагательных

скорейших мер с целью замедления данного процесса и по возможности обращения его в обратном направлении.

Но нельзя не принимать во внимание тот факт, что создание продуктов нейрокомпьютерных, нейрокогнитивных, нейробиологических технологий за рубежом приведет к уходу за горизонт современных технологий и к актуализации нескольких типов угроз для Российской Федерации.

Экономические угрозы обусловлены тем обстоятельством, что нейротехнологии будут господствующими на протяжении формирующегося технологического уклада, развертывание которого во времени займет большую часть настоящего века. Появление продуктов нейротехнологий будет иметь большее значение для экономики, повышения производительности труда и социального развития. Отказ от развития данного направления в России будет означать окончательную утрату страной шанса войти в число мировых производителей технологий с гораздо более тяжелыми последствиями, чем отказ от развития отечественной микроэлектроники и компьютерной техники. Реализация проектов в данном направлении за рубежом приведет к появлению там новых технологических мегацентров, в которых будут концентрироваться все виды ресурсов: от интеллектуальных и финансовых до властных.

Военные угрозы непосредственно вытекают из возможности создания в зарубежных странах принципиально новых классов вооружений – автономных боевых и вспомогательных военных роботов (наземного, надводного, подводного, воздушного и космического базирования), а также сетевых распределенных искусственных нейросистем военного назначения. Уже очевиден массовый характер будущего производства автономных боевых систем при невысокой, относительно пилотируемых систем, стоимости их выпуска и эксплуатации. Традиционные системы вооружений, уже находящиеся на складах, при необходимости будут интегрированы в роботехнические комплексы без участия человека. При этом возможности автономных боевых систем в ближайшие годы многократно превзойдут возможности человека и пилотируемых систем. Более того, можно сказать, что разрыв между боевыми возможностями автономных и пилотируемых боевых систем будет носить не характер разницы между поколениями военной техники, но характер цивилизационного разрыва, подобного разрыву в результате автономного развития встречающихся обществ в эпоху великих географических открытий.

Технологические угрозы вызваны возможностью появления и воздействия на страну технических систем с уровнем сложности, возрастающим быстрее индивидуальной и национальной способности к его пониманию. Технологические угрозы будут при этом исходить как от зарубежных государств, использующих интеллектуальные нейросистемы для разведки и влияния, так и от самих автономных нейросистем.



Социальные угрозы определяются тем, что создание продуктов нейротехнологий обусловит дальнейший технологический прогресс, новой чертой которого будет отсутствие потребности в значительных людских ресурсах для обеспечения производства и потребления. В условиях уже существующей концентрации ресурсов это, по всей видимости, приведет к росту социального расслоения и социальной напряженности, снять которые можно только при регулирующей роли государства.

Семантические угрозы – новый класс угроз, ставших возможными в результате распространения информационных сетевых технологий социального взаимодействия между людьми, отказ от использования которых неизбежно приведет к фатальному технологическому отставанию. Искусственные когнитивные системы, способные к работе со смыслами, позволяют контролировать общество в целом путем формирования через сетевые источники преобладающих идей, мнений и представлений. Семантические инструменты на базе искусственных когнитивных систем могут разделять и противопоставлять гражданское общество и национальное правительство, национальные и социальные группы, реализовать заданные извне сценарии развития.

Политические угрозы заключаются в возникновении препятствий для проведения самостоятельной эффективной государственной политики, а также в риске для национального суверенитета и целостности страны. Появление продуктов нейротехнологий за рубежом, при их отсутствии в России, приведет к экономическому, военному, технологическому, социальному, семантическому и политическому господству стран, создавших эти продукты.

Ответом на обозначенные вызовы и угрозы является развитие и реализация в России направления «Нейротехнологии». Технологическое лидерство в сфере нейротехнологий сегодня можно перехватить только при выполнении государством своей организующей роли. Нельзя отрицать тот факт, что Россия обладает значительным научным и кадровым потенциалом в области технических и физико-математических наук. В настоящее время ведутся разработки в данном направлении отдельными учеными и возглавляемыми ими научными группами, но в силу в отсутствия общего регулирования, результаты являются разрозненными и не представляются существенными на фоне зарубежных открытий. Развитие нейротехнологий создаст возможности практической реализации нейроморфных устройств и продуктов робототехники. Именно в их разработке и продажах заложен потенциал развития российской экономики. Для организации процесса внедрения разработок и получения готовой продукции в России нам представляется целесообразнее использование «Фаблесс» – модели, чем реконструкция объектов производства. Предлагаемая модель позволит сконцентрироваться только на разработке продуктов нейротехнологий, не вкладывая средства в создание собственного производства. С разделением

производственных функций Фаблесс- (разработчики) и Фаудри (производители) - компании могут концентрироваться в разных регионах мира в зависимости от факторов, влияющих на размещение производства. Таким образом, с использованием данной модели будет достигнуто определенное равновесие: российская сторона будет специализироваться на разработке продуктов нейротехнологий, в остальном производство и сборка будет сконцентрировано преимущественно на производственных мощностях фаундри-компаний в других странах.

Альтернативный сценарий развития нейротехнологий в России – нескоординированная деятельность различных организаций – приведет к недопустимому в настоящий момент запаздыванию в работе и утечке кадрового потенциала, предприятий и технологий в развитые страны Запада.

## ГЛОССАРИЙ

### А

#### **Альцгеймера болезнь**

— дегенеративное заболевание центральной нервной системы, характеризующееся постепенной потерей умственных способностей (память, речь, логическое мышление), риск развития которого повышается после 65 лет.

#### **Анозогнозия**

— отсутствие критической оценки больным своего дефекта либо заболевания (паралича, снижения зрения, слуха и т.д.)

#### **Архитектура фон Неймана**

— архитектура компьютера, имеющего одно арифметико-логическое устройство, через которое проходит поток данных, и одно устройство управления, через которое проходит поток команд.

#### **Астроциты**

— клетки доминирующего глиального типа, модулирующие синаптическую передачу информации

### Б

#### **Биоинженерия**

— одно из самых современных направлений науки, возникшее на стыке физико-химической биологии, биофизики, геной инженерии и компьютерных технологий.

#### **Биоинформатика**

— отрасль информатики (теории информации), занимающаяся теоретическими вопросами хранения и передачи информации в биологических системах.

**Биотехнология**

— наука о методах и технологиях производства различных ценных веществ и продуктов с использованием природных биологических объектов (микроорганизмов, растительных и животных клеток), частей клеток (клеточных мембран, рибосом, митохондрий, хлоропластов) и процессов.

**Бренд**

— знак, символ, слова или их сочетание, помогающие потребителям отличить товары или услуги одной компании от другой. Бренд воспринимается как широко известная торговая марка или компания, занимающая в сознании и психологии потребительских сегментов особое место из массы себе подобных.

**Брендинг (Branding)**

— целенаправленные маркетинговые мероприятия, действия по созданию долгосрочного предпочтения потребителей товару данной компании. Реализуется в процессе специальных воздействий целого комплекса маркетинговых коммуникаций: товарного знака, торговой марки, упаковки, рекламных обращений, других усилий маркетинга, помогающих выделить товар и создающих уникальный образ товара компании среди товаров конкурентов в сознании и психологии потребителей.

**Г****Гипоталамус**

— область в промежуточном мозге, включающая в себя большое число групп клеток, которые регулируют нейроэндокринную деятельность мозга и гомеостаз организма.

**Гиппокамп**

— часть лимбической системы головного мозга (обонятельного мозга). Участвует в механизмах

формирования эмоций, консолидации памяти, то есть перехода кратковременной памяти в долговременную.

**Глубокая стимуляция мозга**

— нейрохирургическое воздействие, включающее имплантирование электродов в мозг через небольшие отверстия в черепе. Источник питания (вживленный в тело) посылает повторяющиеся электрические импульсы в мозг посредством электродов.

**З**

**Знание/когнитивный компонент**

— информация, которую имеет потребитель относительно того или иного товара.

**И**

**Издержки**

— совокупные затраты предприятия, связанные с производством продукции и доведением товара до потребителей.

**Информационная технология**

— совокупность методов и устройств, используемых людьми для обработки информации. Охватывает всю вычислительную технику, технику связи и, отчасти, — бытовую электронику, телевизионное и радиовещание.

**Инфракрасная спектроскопия**

— раздел спектроскопии, включающий получение, исследование и применение спектров испускания, поглощения и отражения в инфракрасной области спектра.

**Искусственная нейронная сеть**

— это параллельная система обработки информации, состоящая из обрабатывающих элементов (нейронов), которые локально выполняют операции над

поступающими сигналами и могут обладать локальной памятью.

**Искусственный интеллект  
(ИИ)**

— дисциплина, изучающая возможность создания программ для решения задач, которые требуют определенных интеллектуальных усилий при выполнении их человеком. Примерами областей использования ИИ являются: игры, логический вывод, обучение, понимание естественных языков, формирование планов, понимание речи, доказательство теорем и визуальное восприятие.

**К**

**Когнитивная нейронаука**

— междисциплинарный подход, объединяющий усилия когнитивной психологии и нейронауки нейробиологии для изучения того, как сенсорно-перцептивные и когнитивные процессы реализуются в мозге, в т. ч. на нейронном уровне.

**Когнитивная реабилитация**

— систематически применяемый комплекс лечебных воздействий, направленный на улучшение когнитивных функций и повышение возможности участия пациента в деятельности, ограниченной из-за расстройств в одной или более когнитивных сферах.

**Когнитивные технологии**

— технологии изучения процесса познания (мышления) и технологии применения знаний об этом процессе.

**Конвергенция  
информационных технологий**

— процесс сближения разнородных электронных технологий в результате их быстрого развития и взаимодействия.

**Коннектом мозга**

— полное описание структуры связей в нервной системе организма. Область исследований, включающая в себя картографирование и анализ архитектуры нейрональных связей, называется коннектомика.

**Кортикальная колонка**

— базовый функциональный элемент неокортекса, организованный как тесно взаимосвязанная колонка нейронов, проходящие через все шесть слоев.

**Кортикальный электрод**

— электрод, расположенный непосредственно на поверхности мозга или погруженный в кору мозга.

**Л**

**Лимбическая система мозга**

— обширная нейронная структура — является морфофункциональным комплексом структур, которые расположены в различных отделах конечного мозга и промежуточного мозга.

**М**

**Магнитная  
электроэнцефалография**

— метод регистрации и анализа электроэнцефалограммы (ЭЭГ), т.е. суммарной биоэлектрической активности, отводимой как со скальпа, так и из глубоких структур мозга.

**Магнитоэнцефалограмма**

— запись изменений магнитного поля, обусловленных биоэлектрической активностью мозга; запись осуществляется при помощи датчиков, расположенных вблизи головы.

**Машинное обучение**

— методы, позволяющие компьютеру обнаруживать

статистические закономерности в выборке данных (например, в клических данных для пациентов с известными диагнозами) и использовать эти закономерности (например, предлагая диагноз для пациента с неизвестной патологией).

### **Мемристор**

— пассивный элемент в микроэлектронике, способный изменять свое сопротивление в зависимости от протекавшего через него заряда. Может быть описан как двухполюсник с нелинейной вольт-амперной характеристикой, обладающий гистерезисом.

### **Мерчандайзинг (англ. Merchandising)**

— часть процесса маркетинга, определяющая методику продажи товара в магазине.

### **Методы прогнозирования**

— научное предвидение, основанное на анализе фактических данных прошлого и настоящего исследуемого объекта. По величине периода укрепления выделяют: краткосрочные прогнозы (до 1,5 лет); среднесрочные прогнозы — (5 лет); долгосрочные прогнозы — 10—15 лет, основанные на системе прогнозов различных составляющих. По форме представления прогнозы делятся на количественные и качественные; по охвату прогнозированием объекта исследования прогнозы бывают общими и частными.

### **Модальность**

— присущая человеку форма воздействия на другого человека или компьютер с помощью речи, жестов, прикосновений, мимики, речи, текстов и т.п.

### **Модальные модели**

— формальные модели, используемые для анализа модальностей.



### **Модель прогнозирования**

— модель, используемая для конструирования рыночного спроса на продукцию. Модель прогнозирования основывается на трех информационных базах: 1) что люди говорят; 2) что люди делают и 3) что люди делали в прошлом.

### **Мозг-компьютерный интерфейс**

— технология, в которой используются электроды (либо имплантированные в мозг, либо закрепленные на коже головы) для записи сигналов мозга пользователя, которые затем транслируются в команды для управления устройствами с компьютерной поддержкой. Посредством активного продуцирования требуемого типа сигнала мозга пользователь может контролировать эти устройства.

### **Мозг-машинный интерфейс**

— система, созданная для обмена информацией между мозгом и электронным устройством.

### **Молекулярная технология**

— технология, позволяющая создавать твердые тела, устройства, органические и неорганические вещества молекула за молекулой.

## **Н**

### **Нанобиотехнологии**

— использование продуктов биотехнологии, принципов биологической самосборки и организации для разработки и создания новых продуктов в нанометровом диапазоне.

### **Наномедицина**

— совокупность профилактических, лечебных, хирургических и восстановительных средств с молекулярной избирательностью и высокой степенью оперативного вмешательства.

### **Нанотехнологии**

— область фундаментальной и прикладной науки и

техники, имеющая дело с совокупностью теоретического обоснования, практических методов исследования, анализа и синтеза, а также методов производства и применения продуктов с заданной атомной структурой путём контролируемого манипулирования отдельными атомами и молекулами.

**Нейро-лингвистическое программирование (НЛП)**

— одна из современных областей практической психологии, которая основывается на осознании того, что большую часть своего опыта человек получает из собственного восприятия окружающей действительности.

**Нейробиология**

— наука, изучающая устройство, функционирование, развитие, генетику, биохимию, физиологию и патологию нервной системы.

**Нейробионика**

— раздел бионики, ставящий своей целью изучение и моделирование деятельности нервной системы человека и животных для нужд техники.

**Нейрогенез**

— развитие новой нервной ткани.

**Нейрогибридная интеллектуальная система**

— система, в которой для решения задачи используется более одного метода имитации интеллектуальной деятельности человека.

**Нейродегенеративные заболевания**

— условно выделяемая, разнородная группа относительно медленно развивающихся болезней с преимущественным поражением серого вещества центральной нервной системы, и в большинстве случаев, характеризующихся образованием аномальных клеточных и/или внеклеточных включений (депозитов) с последующей гибелью нейронов по механизму апоптоза.

<b>Нейроимиджинг</b>	— визуализация процессов работы мозга.
<b>Нейроинфекции</b>	— группа инфекционных заболеваний, поражающих нервную систему.
<b>Нейроинформатика</b>	— способ решения всевозможных задач с помощью искусственных нейронных сетей, реализованных на компьютере.
<b>Нейрокибернетика</b>	— раздел биологической кибернетики, изучающий принципы организации и функционирования нейронов и нервных сетей, механизмы осуществления актов поведения, анализаторные механизмы, механизмы памяти и др.
<b>Нейрокомпьютеры</b>	— это системы, в которых алгоритм решения задачи представлен логической сетью элементов частного вида — нейронов с полным отказом от булевских элементов типа И, ИЛИ, НЕ.
<b>Нейрокомпьютинг</b>	— это технология создания систем обработки информации (например, нейронных сетей), которые способны автономно генерировать методы, правила и алгоритмы обработки в виде адаптивного ответа в условиях функционирования в конкретной информационной среде.
<b>Нейромаркетинг</b>	— набор методов, основанный на использовании эмоциональных реакций человека на различные составляющие бренда.
<b>Нейромодулятор</b>	— вещество, изменяющее передачу нервного импульса.

<b>Нейроморфный</b>	— метод эмуляции структуры и функции нейронов и нейронных сетей в электронике.
<b>Нейрон</b>	— функциональная единица нервной системы.
<b>Нейрональная активность</b>	— синхронизированная активность в больших популяциях нейронов.
<b>Нейрональный код</b>	— код используемый мозгом для передачи информации внутри него.
<b>Нейрональные стволовые клетки</b>	— мультипотентные клетки нервной системы, способные к самообновлению и дифференциации в различные типы нервов и клеток мозга.
<b>Нейропротезирование</b>	— дисциплина, занимающаяся разработкой устройств, которые могут заменить моторные, сенсорные или когнитивные функции, поврежденные в результате болезни или травмы.
<b>Нейропротекция</b>	— варианты лечения, направленные на предотвращение или замедление прогрессирования заболевания и вторичных повреждений посредством прекращения или замедления гибели нейронов.
<b>Нейророботизированная система</b>	— роботизированная система, содержащая из контроллера, тела, исполнительных органов и сенсоров, контроллерная архитектура которых является производным модели головного мозга.
<b>Нейрофизиология</b>	— специальный раздел физиологии, изучающий деятельность нервной системы и её структурно-функциональных единиц — нейронов. Она имеет связь с другими науками, такими как нейробиология, психология, неврология и другие. Все эти науки

имеют общий предмет исследования – головной мозг, только отличие нейрофизиологии в том, что она занимается теоретической разработкой всей неврологии.

### **Нейрохимия**

— раздел биологической химии, изучающий химические процессы в органах и тканях нервной системы.

### **Ноотропы**

— это вещества, оказывающие специфическое влияние на высшие интегративные функции мозга, улучшающие память, облегчающие процесс обучения, стимулирующие интеллектуальную деятельность, повышающие устойчивость мозга к повреждающим факторам, улучшающие кортикально-субкортикальные связи.

## **О**

### **Обратная биологическая связь**

— технология, включающая в себя комплекс исследовательских, немедицинских, физиологических, профилактических и лечебных процедур, в ходе которых можно получить информацию о функционировании физиологических систем посредством внешней цепи обратной связи, организованной преимущественно с помощью микропроцессорной или компьютерной техники.

### **Обратная нейронная связь**

— тип обратной биологической связи, предоставляющий сенсорную информацию об активности мозга, записанную с использованием электроэнцефалографии, пользователю для возможности саморегуляции этой активности.

## П

### **Паркинсона болезнь**

— заболевание, связанное с постепенной гибелью двигательных нервных клеток (нейронов), вырабатывающих медиатор дофамин.

### **Периферическая нейропатия**

— результат повреждения нервов периферической нервной системы.

### **Персептрон**

— простейшая модель нейрона.

### **Платформа**

— в информатике — функциональный блок, интерфейс и сервис которого являются определяются стандартом, вводимым международной организацией либо группой фирм. Характеристики платформы подбираются таким образом, чтобы ее можно было использовать в большом круге задач.

## Р

### **Рассеянный склероз**

— заболевание нервной системы, при котором миелиновая оболочка нервных окончаний разрушается, а на ее месте образуются склеротические бляшки из соединительной ткани. Они мешают проведению нервных импульсов от головного мозга к органам.

### **Регенеративная медицина**

— это создание живых полнофункциональных тканей для восстановления или замещения повреждённых тканей и/или органов.

### **Ретикулярная формация ствола мозга**

— рассматривается как один из важных интегративных аппаратов мозга. Интегративные функции ретикулярной формации: контроль над

состояниями сна и бодрствования; мышечный (фазный и тонический) контроль; обработка информационных сигналов окружающей и внутренней среды организма, которые поступают по разным каналам.

## С

### **Сегмент рынка**

— крупная, четко определенная группа покупателей внутри рынка со сходными потребностями и характеристиками, отличными от других групп целевого рынка.

### **Сегмент целевого рынка**

— группа потребителей со схожими потребностями, которые можно выявить и удовлетворить с помощью определенного товара или товарного ассортимента.

### **Система нейроморфных вычислений**

— вычислительная система, содержащая нейроморфное вычислительное устройство, программную среду для конфигурирования и контроля, и возможность принимать входные и создавать выходные данные.

### **Системная биология**

— междисциплинарное научное направление, образовавшееся на стыке биологии и теории сложных систем, ориентированное на изучение сложных взаимодействий в живых системах.

### **Соматоагнозия**

— нарушение способности узнавания частей тела, их расположения по отношению друг к другу.

### **Стратегическое окно возможностей**

— позиция компании на рынке, при которой она подготовлена оптимальным образом, чтобы воспользоваться маркетинговыми возможностями.

## Т

- Терапия нейрональными стволовыми клетками** — терапия, основанная на инъекции стволовых клеток в мозг для восстановления повреждений ткани, вызванных острыми нарушениями, такими как инсульт или нейродегенеративные заболевания.
- Тетраплегия** — паралич всех четырех конечностей.

## Ф

- Функциональная магнитно-резонансная томография** — разновидность магнитно-резонансной томографии, которая проводится с целью измерения гемодинамических реакций (изменений в токе крови), вызванных нейронной активностью головного или спинного мозга.

## Э

- Экзопротез** — искусственные внешние имитаторы отсутствующих органов.
- Экзоскелет** — устройство повторяющее биомеханику человека и пропорционально увеличивающее усилия при движении.
- Экспериментальная нейropsychология** — направление в нейropsychологии, в задачи которого входит экспериментальное изучение различных форм нарушений психических процессов при локальных поражениях мозга.



**Электрическая активность  
мозга**

— все виды электрических процессов, генерируемых нейрональными структурами мозга.

**Электроэнцефалограмма**

— запись изменений электрических потенциалов, отводимых с помощью макроэлектродов, расположенных на поверхности головы.

**Электроэнцефалография (ЭЭГ)**

— 1) раздел электрофизиологии, посвященный изучению электрической активности головного мозга;  
2) метод регистрации биопотенциалов мозга.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Албегов Е. В. Гомеостатическая нейросеть / Е. В. Албегов, Д. В. Бутенко, Л. Н. Бутенко // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2013. – N 2. – С. 45-53.
2. Арзамасцев А. А. Генерализация медицинских эмпирических данных с использованием инс-моделей / А. А. Арзамасцев, Н. А. Зенкова, В. Н. Чичук // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки – 2013. – Т. 18, N 1. – С. 201-203.
3. Величковский Б.М., Соловьев В.Д. Компьютеры, мозг, познание. Успехи когнитивных наук. М.: Наука.- 2008. 293 с.
4. Вязовова Е. В. Информационная система на основе искусственных нейронных сетей для моделирования объектов в социально-экономической сфере / Е. В. Вязовова, О. В. Крючин, А. А. Арзамасцев // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки – 2013. – Т. 18, N 1. – С. 211-212.
5. Данилин С. Н. Алгоритм контроля отказоустойчивости нейронных сетей / С. Н. Данилин, С. В. Пантелеев // Информационные технологии. – 2013. – N 1. – С. 67-70.
6. Дорогов А. Ю. PMML-модели быстрых нейронных сетей / А. Ю. Дорогов, В. С. Абатуров, И. В. Раков // Информационные технологии. – 2013. – N 3. – С. 65-70.
7. Захаров, Е. Н. Построение интеллектуальной системы оптимизации реализации многопараметрических заказов на основе использования нейроподобных сетей / Е. Н. Захаров, А. В. Чечкин, О. В. Воронков // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2013. – N 2. – С. 3-10.
8. Котенко И. В. Гибридная адаптивная система защиты информации на основе биометафор «нервных и нейронных сетей» / И. В. Котенко, Ф. Г. Нестерук, А. В. Шоров// Инновации в науке: материалы 16 Международной заочной научно-практической конференции, Новосибирск, 28 янв. 2013 г. – Новосибирск.- 2013. – Ч. 1 – С. 79-83.
9. Крючин О. В. Параллельные градиентные алгоритмы подбора весовых коэффициентов / О. В. Крючин, Е. В. Вязовова // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, N 1. – С. 183-187.
10. Крючин О. В. Реализация параллельного алгоритма подбора структуры искусственной нейронной сети / О. В. Крючин, Е. В. Вязовова, А. А. Арзамасцев // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, N 4, ч. 1. – С. 1394-1401.

11. Крючин О. В. Реализация формата конфигурации структуры искусственной нейронной сети и алгоритмов ее обучения в нейросетевом симуляторе // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, N 4, ч. 1. – С. 1408-1416.
12. Найдин В.Л., Максакова О.А, Кроткова О.А., Смирнова Н.Л. Реабилитация при черепно-мозговой травме // Клиническое руководство по черепно-мозговой травме. Т. 3 / Ред. Коновалов А.Н., Лихтерман Б., Потапов А.А. М.: Антидор, 2002. С. 517–542.
13. Нгуен Д. М. Технология распределенных и параллельных вычислений для повышения эффективности обучения адаптивной нейро-нечеткой сети // Вестник ИрГТУ. –2013. – N 5. – С. 12-17.
14. Орлова В. А. Применение нейронных сетей RBF для описания динамического многомерного потенциального поля / В. А. Орлова, П. В. Скрибцов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2013. – N 2. – С. 17-19.
15. Пекунов В. В. О классификации лиц методом голосования с нейросетевым арбитром. Распараллеливание вычислений на многоядерных видеокартах // Информационные технологии. – 2013. – N 3. – С. 61-65.
16. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года. Министерство Экономического развития РФ. – Москва. Март 2013 г.
17. Развитие технологии интеллектуального управления для создания перспективных образцов ВВТ на базе новых средств комплексной автоматизации проектирования / И. М. Макаров // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – N 3. – С. 7-14.
18. Скорняков В. А. Нейромодель космического аппарата в задаче оперативного планирования расходования ресурсов бортовых систем / В. А. Скорняков, Д. А. Зеленев // Вестник Московского государственного университета леса. – 2013. – N 2. – С. 161-166.
19. Сценарные условия, основные параметры прогноза социально-экономического развития Российской Федерации и предельные уровни цен (тарифов) на услуги компаний инфраструктурного сектора на 2015 год и плановый период 2016 и 2017 годов. Министерство Экономического развития РФ. – Москва. Май 2014 г.
20. Фатхи Д. В. Нечеткий вывод знаний в экспертных системах, реализованных в нейросетевом базисе / Д. В. Фатхи, Д. Д. Фатхи // Информационная безопасность регионов. –2013. – N 1. – С. 31-34.
21. Шпрехер Д. М. Диагностика технических состояний горных машин на основе интеллектуального анализа данных // Известия вузов. Электромеханика. – 2013. – N 2. – С. 69-73.
22. Шкловский В.М. Концепция нейрореабилитации больных с последствиями инсульта // Инсульт: Приложение к Журналу неврологии и психиатрии. 2003. Выпуск 8. С. 10–23.

23. Цветкова Л.С. Восстановление высших психических функций (после поражения головного мозга): Академический проект. М., 2004. 383 с.
24. Ясинский И. Ф. Моделирование гидродинамической задачи при помощи комбинированной нейросетевой и динамической модели / И. Ф. Ясинский, Ф. Н. Ясинский // Вестник ИГЭУ. – 2013. – N 1. – С. 77-79.
25. Ясницкий Л. Н. Технология нейросетевого моделирования и обзор работ пермской научной школы искусственного интеллекта / Л. Н. Ясницкий, К. В. Богданов, Ф. М. Черепанов // Фундаментальных исследований – 2013. – N 1, ч. 3. – С. 736-740.
26. Akil H, Brenner S, Kandel E, Kendler KS, King MC, Scolnick E, Watson JD, Zoghbi HY. Medicine. The future of psychiatric research: genomes and neural circuits. *Science*, 2010, 327: 1580–1581.
27. Acceleration-level repetitive motion planning of redundant planar robots solved by a simplified LVI-based primal-dual neural network / Yunong Zhang et al. // *Rob. and Comput. Integr. Manuf.* – 2013. – Vol. 29, N 2. – P. 328-343.
28. Approximate inference: A sampling based modeling technique to capture complex dependencies in a language model / Anoop Deoras et al. // *Speech Commun.* – 2013. – Vol. 55, N 1. – P. 162-177.
29. BRAIN 2025 A Scientific vision. Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies (BRAIN) Working Group. Report to Advisory Committee to the Director, NIH. – National Institutes of Health. June 5, 2014.
30. Bilgili M. Estimating soil temperature using neighboring station data via multi-nonlinear regression and artificial neural network models / Mehmet Bilgili, Besir Sahin, Levent Sangun // *Environ. Monit. and Assess.* – 2013. – Vol. 185, N 1. – P. 347-358.
31. Cakir S. Multischeme ensemble forecasting of surface temperature using neural network over Turkey / Sedef Cakir, Mikdat Kadioglu, Nihat Cubukcu // *Theor. and Appl. Climatol.* – 2013. – Vol. 111, N 3-4. – P. 703-711.
32. Collinger J.L. et al. High – performance neuroprosthetic control by an individual with tetraplegia// *The Lancet*. 2012. №6736 (12). P. 61816-61819.
33. Cicerone K.D., Mott T, Azulay J., Friel J.C. Community integration and satisfaction with functioning after intensive cognitive rehabilitation for traumatic brain injury // *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2004. V. 85, Issue 6. P. 943–950.
34. Interim report “Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies (BRAIN) Working Group”. National Institutes of Health. September 16, 2013.

35. Florjanič B. Neural network-based model for supporting the expert driven project estimation process in mold manufacturing / Blač Florjanič, Edvard Govekar, Karl Kuzman // *Strojn. vestn.* – 2013. – T. 59, N 1. – S. 3-13.
36. Gholami M. An artificial neural network approach to the problem of wireless sensors network localization / M. Gholami, N. Cai, R. W. Brennan // *Rob. and Comput. Integr. Manuf.* –2013. – Vol. 29, N 1. – P. 96-109.
37. Huang Zh. A reconstruction algorithm of prototype pattern of SNN based on TD-IDF and QPSO algorithm / Zhehuang Huang, Yidong Chen // *Prz. elektrotechn.* – 2013. – Vol. 89, N 3b. – P. 136-137.
38. Houghberg L.R. et al. Reach and grasp by people with tetraplegia using a neutrally controlled robotic arm // *Nature*. 2012. № 485 (7398). P. 372-375.
39. Hamill O. P., Martinac B. Molecular Basis of Mechanotransduction in Living Cells // *Physiol. Rev.* – 2001. - V. 81, N. 2. – P. 685-740.
40. Huang Han-Chen. Using artificial neural networks to establish a customer-cancellation prediction model / Han-Chen Huang, Allen Y. Chang, Chih-Chung Ho // *Prz. elektrotechn.* –2013. – Vol. 89, N 1b. – P. 178-180.
41. Jiang T. Brainnetome: a new -ome to understand the brain and its disorders. *Neuroimage*, 2013, 80: 263–272.
42. Jančíková Z. Prediction of metal corrosion by neural networks / Z. Jančíková, O. Zimný, P. Košťál // *Metalurgija.* – 2013. – Vol. 52, N 3. – S. 379-381.
43. Katz D.I. Brain injury and cognitive rehabilitation // *Materials of 60th Annual Meeting of American Academy of Neurology. Education Program Syllabus.* Chicago, 2008. P. 8AC.006/2–006/8.
44. Li D. Optimization of neural network model design: an electoral cooperative particle swarm optimization approach / Desheng Li, Huibin Xu // *Prz. elektrotechn.* – 2013. – Vol. 89, N 1b. – P. 165-167.
45. Lima A. R. Nonlinear regression in environmental sciences by support vector machines combined with evolutionary strategy / Aranildo R. Lima, Alex J. Cannon, William W. Hsieh // *Comput. and Geosci.* – 2013. – Vol. 50. – P. 136-144.
46. Mitterauer B. J. Astrocyte mega-domain hypothesis of the autistic savantism // *Med. Hypotheses.* – 2013. – Vol. 80, N 1. – P. 17-22.
47. Nicholls J.G., Martin A.R., Bruce G. Wallace B.G., Fuchs P.A. *From neuron to brain* // Sinauer Associates, 2003, 671 p.
48. Nicolelis M.A. Mind in Motion// *Sci. Amer.* 2012. № 307. P. 58-63.
49. Neural firing rate model with a steep firing rate function / Muhammad Yousaf [et al.] // *Nonlinear Anal.: Real World Appl.* – 2013. – Vol. 14, N 1. – P. 753-767.

50. Nourani V. Geomorphology-based genetic programming approach for rainfall–runoff modeling / Vahid Nourani, Mehdi Komasi, Taghi Alami Mohamad // *J. Hydroinf.* – 2013. – Vol. 15, N 2. – P. 427-445.
51. Ozyildirim B. M. Generalized classifier neural network / Buse Melis Ozyildirim, Mutlu Avci // *Neural Networks.* – 2013. – Vol. 39. – P. 18-26.
52. Prediction of short-term traffic variables using intelligent swarm-based neural networks / Kit Yan Chan et al. // *IEEE Trans. Contr. Syst. Technol.* – 2013. – Vol. 21, N 1. – P. 263-274.
53. Prigatano G.P. Principles of neuropsychological rehabilitation. Oxford: Oxford University Press, 1999. 356 p.
54. Rain intensity forecast using Artificial Neural Networks in Athens, Greece / P. T. Nastos [et al.] // *Atmos. Res.* – 2013. – Vol. 119. – P. 153-160.
55. Santoli S. An innovative nanophotonic information processing concept implementing cogent micro/nanosensors for space robotics // *Acta astronaut.* – 2013. – Vol. 82, N 2. – P. 257-262.
56. Sohlberg M.M., Mateer C.A. Cognitive Rehabilitation: An integrative neuropsychological approach. New York: Guilford Press, 2001. 500 p.
57. Stuve P., Erickson R.C., Spaulding W. Cognitive rehabilitation: the next step in psychiatric rehabilitation // *Psychosocial Rehabilitation Journal.* 1991. V. 15, Issue 1. P. 9–27.
58. Yao Z, Zhang Y, Lin L, Zhou Y, Xu C, Jiang T. Abnormal cortical networks in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *PLoS Comput Biol*, 2010, 6: e1001006.
59. Zhou P. Intelligence-based supervisory control for optimal operation of a DCS-controlled grinding system / Ping Zhou, Tianyou Chai, Jing Sun // *IEEE Trans. Contr. Syst. Technol.* –2013. – Vol. 21, N 1. – P. 162-175.
60. Zhu S. Robustness analysis for connection weight matrices of global exponential stability of stochastic recurrent neural networks / Song Zhu, Yi Shen // *Neural Networks.* – 2013. – Vol. 38. – P. 17-22.
61. Merikangas, A.K., Corvin, A.P. & Gallagher, L. (2009) Copy-number variants in neurodevelopmental disorders: promises and challenges. *Trends. Genet.*, 25, 536–544.
62. Noorlander, C.W., Ververs, F.F., Nikkels, P.G., van Echteld, C.J., Visser, G.H. & Smidt, M.P. (2008) Modulation of serotonin transporter function during fetal development causes dilated heart cardiomyopathy and lifelong behavioural abnormalities. *PLoS One*, 3, e2782.
63. Paus, T., Keshavan, M. & Gied, J.N. (2008) Why do many psychiatric disorders emerge during adolescence? *Nat. Rev. Neurosci.*, 9, 947–957.
64. Sebat, J., Levy, D.L. & McCarthy, S.E. (2009) Rare structural variants in schizophrenia: one disorder, multiple mutations; one mutation, multiple disorders. *Trends. Genet.*, 25, 528–535.

65. Weiss, L.A. (2009) Autism genetics: emerging data from genome-wide copynumber and single nucleotide polymorphism scans. *Expert. Rev. Mol. Diagn.*, 9, 795–803.
66. Colgin, L.L., Moser, E.I. & Moser, M.B. (2008) Understanding memory through hippocampal remapping. *Trends Neurosci.*, 31, 469–477.
67. Gardoni, F., Mauceri, D., Malinverno, M., Polli, F., Costa, C., Tozzi, A., Siliquini, S., Picconi, B., Cattabeni, F., Calabresi, P., & Di Luca, M. (2009)
68. Decreased NR2B subunit synaptic levels cause impaired long-term potentiation but not long-term depression. *J. Neurosci.*, 29, 669–677.
69. Pinheiro, P.S. & Mulle, C. (2008) Presynaptic glutamate receptors: physiological functions and mechanisms of action. *Nat. Rev. Neurosci.*, 9, 423–436.
70. Triller, A. & Choquet, D. (2008) New concepts in synaptic biology derived from single-molecule imaging. *Neuron*, 59, 359–374.
71. Wang, S.H. & Morris, R.G. (2010) Hippocampal-neocortical interactions in memory formation, consolidation, and reconsolidation. *Annu. Rev. Psychol.*, 61, 49–79; C1–C4.
72. Database web site of the European Rural Development Project, run by the International Institute for Applied Systems Analysis. Europe: population by age groups, 1950–2050. Available at [http://www.iiasa.ac.at/Research/ERD/DB/data/hum/dem/dem\\_2.htm](http://www.iiasa.ac.at/Research/ERD/DB/data/hum/dem/dem_2.htm)
73. Goate, A., Chartier-Harlin, M.C., Mullan, M., Brown, J., Crawford, F., Fidani, L., Giuffra, L., Haynes, A., Irving, N., James, L., Mantparallel, R., Newton, P., Rooke, K., Roques, P., Talbot, C., Pericak-Vance, M., Roses, A., Williamson, R., Rossor, M., Owenparallel, M. & Hardy J. (1991) Segregation of a missense mutation in the amyloid precursor protein gene with familial Alzheimer's disease. *Nature*, 349, 704–706.
74. Maggi, S., Limongi, F., Noale, M., Romanato, G., Tonin, P., Rozzini, R., Scafato, E., Crepaldi, G. & ILSA Study Group. (2009) Diabetes as a risk factor for cognitive decline in older patients. *Dement. Geriatr. Cogn. Disord.*, 27, 24–33.
75. Mattsson, N., Zetterberg, H., Hansson, O., Andreasen, N., Parnetti, L., Jonsson, M., Herukka, S.K., van der Flier, W.M., Blankenstein, M.A., Ewers, M., Rich, K., Kaiser, E., Verbeek, M., Tsolaki, M., Mulugeta, E., Rose´n, E., Aarsland, D., Visser, P.J., Schro¨der, J., Marcusson, J., de Leon, M., Hampel, H., Scheltens, P., Pirttila¨, T., Wallin, A., Jo¨nhagen, M.E., Minthon, L., Winblad, B. & Blennow, K. (2009) CSF biomarkers and incipient Alzheimer disease in patients with mild cognitive impairment. *JAMA*, 302, 385–393.
76. Wilcock, G.K., Black, S.E., Hendrix, S.B., Zavitz, K.H., Swabb, E.A., Laughlin, M.A. & Tarenflurbil Phase II Study investigators. (2008) Efficacy and safety of tarenflurbil in mild to moderate Alzheimer's disease: a randomised phase II trial. *Lancet. Neurol.*, 7, 483–493.

77. Conti, L. & Cattaneo, E. (2010) Neural stem cell systems: physiological players or in vitro entities? *Nat. Rev. Neurosci.*, 11, 176–187.
78. Hack, M.A., Saghatelian, A., de Chevigny, A., Pfeifer, A., Ashery-Padan, R., Lledo, P.M. & Goetz, M. (2005) Neuronal fate determinants of adult olfactory bulb neurogenesis. *Nat. Neurosci.*, 8, 865–872.
79. Höglinger, G.U., Rizk, P., Muriel, M.P., Duyckaerts, C., Oertel, W.H., Caille, I. & Hirsch, E.C. (2004) Dopamine depletion impairs precursor cell proliferation in Parkinson disease. *Nat. Neurosci.*, 7, 726–735.
80. Lindvall, O., Kokaia, Z. & Martinez-Serrano, A. (2004) Stem cell therapy for human neurodegenerative disorders – how to make it work. *Nat. Med.*, 10 (Suppl), S42–S50.
81. Wernig, M., Benninger, F., Schmandt, T., Rade, M., Tucker, K.L., Büssow, H., Beck, H. & Brüstle, O. (2004) Functional integration of embryonic stem cell-derived neurons in vivo. *J. Neurosci.*, 24, 5258–5268.
82. Aime, S., Bergamasco, B., Casu, M., Digilio, G., Fasano, M., Giraudo, S. & Lopiano, L. (2000) Isolation and <sup>13</sup>C-NMR characterization of an insoluble proteinaceous fraction from substantia nigra of patients with Parkinson's disease. *Mov. Disord.*, 15, 977–981.
83. Brooks, D.J. (2005) Positron emission tomography and single-photon emission computed tomography in central nervous system drug development. *NeuroRx.*, 2, 226–236.
84. David, S.P., Murthy, N.V., Rabiner, E.A., Munafò, M.R., Johnstone, E.C., Jacob, R., Walton, R.T. & Grasby, P.M. (2005) A functional genetic variation of the serotonin (5-HT) transporter affects 5-HT<sub>1A</sub> receptor binding in humans. *J. Neurosci.*, 25, 2586–2590.
85. Knudsen, G.M., Karlsborg, M., Thomsen, G., Krabbe, K., Regeur, L., Nygaard, T., Videbaek, C. & Werdelin, L. (2004) Imaging of dopamine transporters and D2 receptors in patients with Parkinson's disease and multiple system atrophy. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*, 31, 1631–1638.
86. Walker, C., du Plessis, D.G., Fildes, D., Haylock, B., Husband, D., Jenkinson, M.D., Joyce, K.A., Broome, J., Kopitski, K., Prosser, J., Smith, T., Vinjamuri, S. & Warnke, P.C. (2004) Correlation of molecular genetics with molecular and morphological imaging in gliomas with an oligodendroglial component. *Clin. Cancer Res.*, 10, 7182–7191.
87. Augustinack, J.C., van der Kouwe, A.J., Blackwell, M.L., Salat, D.H., Wiggins, C.J., Frosch, M.P., Wiggins, G.C., Potthast, A., Wald, L.L. & Fischl, B.R. (2005) Detection of entorhinal layer II using 7Tesla [corrected] magnetic resonance imaging. *Ann. Neurol.*, 57, 489–494.
88. DeKosky, S.T. & Marek, K. (2003) Looking backward to move forward: early detection of neurodegenerative disorders. *Science*, 302, 830–834. Friston, K.J., Holmes, A.P., Worsley, K.J., Poline, J.P., Frith, C.D. & Frackowiak, R.S.J. (1995) Statistical parametric maps in functional imaging: a general linear approach. *Hum. Brain Mapp.*, 2, 189–210.



89. Logothetis, N.K. (2008) What we can do and what we cannot do with fMRI. *Nature*, 453, 869–878.
90. Bartels, H., Staal, M.J., Holm, A.F., Mooij, J.J. & Albers, F.W. (2007) Longterm evaluation of treatment of chronic, therapeutically refractory tinnitus by neurostimulation. *Stereotact. Funct. Neurosurg.*, 85, 150–157.
91. International Neuromodulation Society (2010) Available at [www.neuromodulation.com](http://www.neuromodulation.com)
- Krames, E., Hunter Peckham, P. & Rezai, A. (2009) *Neuromodulation*. Elsevier, San Diego, CA, pp. 1–1063.
92. Pollak, P., Benabid, A.L., Gross, C., Gao, D.M., Laurent, A., Benazzouz, A., Hoffmann, D., Gentil, M. & Perret, J. (1993) Effects of the stimulation of the subthalamic nucleus in Parkinson disease. *Rev. Neurol. (Paris)*, 149, 175–176.
93. Simpson, B.A. (2003) *Electrical stimulation in pain relief*, vol 15. *Pain Research and Clinical Management*, Elsevier.
- Benny, O. & Pakneshan, P. (2009) Novel technologies for antiangiogenic drug delivery in the brain. *Cell. Adh. Migr.*, 3, 224–229.
94. Kubinova, S. & Sykova, E. (2010) Nanotechnology for treatment of stroke and spinal cord injury. *Nanomedicine (Lond)*, 5, 99–108.
95. Misty, A., Stolnik, S. & Illum, L. (2009) Nanoparticles for direct nose-to-brain delivery of drugs. *Int. J. Pharm.*, 379, 146–157.
96. Rao, K.S., Ghorpade, A. & Labhasetwar, V. (2009) Targeting anti-HIV drugs to the CNS. *Expert. Opin. Drug. Deliv.*, 6, 771–784.
97. Weinstein, J.S., Varallyay, C.G., Dosa, E., Gahramanov, S., Hamilton, B., Rooney, W.D., Muldoon, L.L. & Neuwelt, E.A. (2010) Superparamagnetic iron oxide nanoparticles: diagnostic magnetic resonance imaging and potential therapeutic applications in neurooncology and central nervous system inflammatory pathologies, a review. *J. Cereb. Blood Flow. Metab.*, 30, 15–35. BCI2000. Available at [www.bci2000.org](http://www.bci2000.org)
98. Birbaumer, N., Ghanayim, N., Hinterberger, T., Iversen, I., Kotchoubey, B., Kübler, A., Perelmouter, J., Taub, E. & Flor, H. (1999) A spelling device for the paralysed. *Nature*, 398, 297–298.
99. Millaín Jdel, R., Renkens, F., Mourin, J. & Gerstner, W. (2004) Noninvasive brain-actuated control of a mobile robot by human EEG. *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 51, 1026–1033.
100. Nicolelis, M.A.L., Birbaumer, N. & Mueller, K.L. (2004) Special issue on brain-machine interfaces. *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 51, 877–1087.
- Pfurtscheller, G., Neuper, C. & Birbaumer, N. (2005) Human brain-computer interface. In Riehle, A. & Vaadia, E. (Eds), *Motor cortex in voluntary movements*. CRC Press, Boca Raton, pp. 367–399.
101. [www.gks.ru](http://www.gks.ru) – данные Федеральной службы государственной статистики – дата обращения 15.08.2014 г.

102. [http://www.biometrica.tomsk.ru/SRMN\\_2025.pdf](http://www.biometrica.tomsk.ru/SRMN_2025.pdf) – дата обращения 15.08.2014 г.
103. <http://www.strf.ru> (Наука и технологии) дата обращения 24.08.2014 г.
104. <http://www.whitehouse.gov/administration/eop/ostp/initiatives> – дата обращения 15.08.2014 г.
105. <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/04/02/fact-sheet-brain-initiative> – дата обращения 15.08.2014 г.
106. <http://www.whitehouse.gov/share/brain-initiative> – дата обращения 15.08.2014 г.
107. <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/FY%202015%20BRAIN.pdf> – дата обращения 15.08.2014 г.
108. <http://www.braintheory.ru> – дата обращения 26.08.2014 г.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Ведущие научные и коммерческие организации в области нейротехнологий

№ п/п	Название организации	Глобальные вызовы	Ведущий ученый	Основная деятельность	Контакты
1.	Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН	<p>– Вызовы глобального демографического перехода;</p> <p>– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения;</p> <p>– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС</p>	Балабан Павел Милославович, Чл. корр. РАН, Проф., д.б.н., директор ИВНД и НФ РАН	<p>В Институте высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН проводятся исследования в следующих областях:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. высшей нервной деятельности человека;</li> <li>2. клеточной нейробиологии обучения;</li> <li>3. математической нейробиологии обучения;</li> <li>4. молекулярной нейробиологии;</li> <li>5. молекулярной нейробиологии сна и бодрствования;</li> <li>6. нейроонтогенеза;</li> <li>7. нейрофизиологии когнитивных процессов;</li> <li>8. нейрофизиологии обучения;</li> <li>9. нейрохимических механизмов</li> </ol>	тел. 8(495)3347000 balaban@ihna. msk.ru

				<p>обучения и памяти;</p> <p>10. физиологии временных связей;</p> <p>11. психофизиологии;</p> <p>12. условных рефлексов и физиологии эмоций;</p> <p>13. физиологии сенсорных систем;</p> <p>14. функциональной биохимии нервной системы;</p> <p>15. функциональной нейрцитологии</p>	
2.	Нижегородский нейронаучный центр	<p>– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения;</p> <p>– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС;</p> <p>– Вызовы глобального демографического перехода</p>	Семьянов Алексей Васильевич, д.б.н., проф. руководитель НННЦ	<p>Основные направления деятельности:</p> <p>1. Оптический нейроимиджинг (исследование информационных процессов в срезах мозга методами флуоресцентной микроскопии);</p> <p>2. Электрофизиологические исследования (патч кламп, записи полевых потенциалов на срезах и в культурах);</p> <p>3. Исследование механизмов синаптической и внесинаптической передачи сигналов и синаптической пластичности в нейронных системах мозга;</p> <p>4. Роль клеточных механизмов в формировании высших психических</p>	<p>тел. 8(831)4623227</p> <p>info@neuro.nnov.ru</p>

				<p>функций: обучения, памяти, эмоций и др.;</p> <p>5. Моделирование динамики нейронных систем мозга, генерация паттернов активности, обработка информации в мозге;</p> <p>6. Разработка и создание нейроимитирующих информационных систем – нейроаниматов</p>	
3.	Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского	<p>– Переход к производствам следующего поколения;</p> <p>– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения</p> <p>– Замедление роста производительности труда</p>	<p>Научно-исследовательский институт прикладной математики и кибернетики – Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук</p>	<p>Одним основных научных направлений НИИ является математическое моделирование в естественных науках и науках о живом, в рамках которого осуществляется моделирование динамики нейронных сетей.</p> <p>Основные достигнутые результаты:</p> <p>1. Исследован механизм генерации коллективных берстов в различных ансамблях спайковых нейронов;</p> <p>2. Разработан метод поиска квазиоптимального сигнала (критерий оптимальности – минимум энергии), приводящего к активации возбудимого элемента – нейрона или сердечной клетки;</p> <p>3. Обнаружен эффект синхронной</p>	osipov@vmk.unn.ru

				<p>последовательной активности в сетях ингибиторно связанных нейронов;</p> <p>4. Обнаружен и исследован режим сосуществования большого числа синхронных режимов в ансамблях автоколебательных систем, моделирующих нейронную и сердечную активность.</p>	
			<p>Научно-исследовательский физико-технический институт - Фидельман Владимир Романович, д.т.н.</p>	<p>На базе НИИ осуществляются разработки новых методов цифровой обработки сигналов различной природы в присутствии шумов высокого уровня, новых методов оценки параметров сигналов сложной структуры с применением аппарата искусственных нейронных сетей.</p>	<p>Тел. 8(831)4623120 nifti@nifti.unn.ru</p>
4.	<p>Московский городской психолого-педагогический университет</p>	<p>– Вызовы глобального демографического перехода;</p> <p>– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения;</p> <p>– Высокий уровень</p>	<p>Научно-образовательный центр нейрокогнитивных исследований (мэг-центр) – Строганова Татьяна</p>	<p>Приоритетное направление научной работы Центра – изучение мозговых процессов, лежащих в основе когнитивных функций восприятия, внимания и речи в норме и при различных патологиях. В настоящее время в МЭГ-Центре (МЭГ – магнитоэнцефалография) ведутся исследования по следующим темам:</p>	<p>тел. 8(499)2564513 stroganova56@mail.ru</p>

		заболеваемости, включая болезни ЦНС	Александровна, д.б.н. руководитель МЭГ-центра	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. динамика взаимодействия нейронных ансамблей при распознавании целостных зрительных образов;</li> <li>2. причины нарушений целостности восприятия при различных патологиях мозга;</li> <li>3. динамика мозговых процессов, предшествующих когнитивной оценке, при обработке зрительной информации;</li> <li>4. нейрофизиологические механизмы восприятия и переработки речевой информации, в норме и при различных патологиях;</li> <li>5. нейрофункциональные основы нарушения внимания;</li> <li>6. особенности развития когнитивных функций у детей, перенесших хирургическое лечение нейроонкологических заболеваний</li> </ol>	
			Научно-образовательный центр «нейробиологическая диагностика	<p>Основные направления деятельности:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внедрение высокоэффективных молекулярных технологий для диагностики геномных аномалий у детей с недифференцированными формами</li> </ol>	<p>тел. 8(499)2564512 8(495)6329199 GorbachevskayaNL@mgppu.r</p>

			наследственных психических заболеваний детей и подростков» - Горбачевская Наталья Леонидовна, д.б.н., руководитель научно-образовательного центра	умственной отсталости и аутизма. 2. Внедрение методов современной психологической диагностики детей и подростков с нервно-психическими расстройствами. 3. Внедрение методов количественного анализа ЭЭГ для выявления возможных причин нервно-психических расстройств детского возраста. 4. Проведение комплексного (нейрофизиологического и клинико-психологического) обследования детей с нарушением психического развития. 5. Разработка образовательных маршрутов для детей с наследственными формами ОВЗ.	и
5.	НИИ Нейрокибернетики им. А.Б. Когана Южного федерального университета	– Переход к производствам следующего поколения; – Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения	Кирой Валерий Николаевич, доктор биологических наук, профессор, директор НИИ НК им. А. Б.	Основные научные направления НИИ НК ЮФУ: 1. исследование структурных и функциональных характеристик нейронов, принципов их групповой организации и функционирования как систем обработки потоков информации;	тел. 8(863)2433577 kiroy@sfedu.ru



			Когана ЮФУ	<p>2. исследование принципов организации основных центральных нервных процессов и сложных систем аналитико-синтетической деятельности мозга, а также методов и механизмов приспособительной деятельности и обеспечения высокой функциональной надежности нервных механизмов мозга;</p> <p>3. разработка математических и физических моделей и рекомендаций по созданию новых более совершенных технических устройств и систем.</p>	
6.	ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН	– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС	Корженевский Александр Владимирович, к.физ.-мат.н., руководитель исследовательской группы	<p>Одно из направлений научной работы Института – проведение исследований в области электромагнитной томографии, в том числе, электроимпедансной томографии (ЭИТ) – методики, позволяющей визуализировать пространственное распределение электрического импеданса (или проводимости) внутри объекта, в частности, внутри тела человека, по результатам неинвазивных электрических измерений. Для реконструкции</p>	тел. 8(495)6297279 korjenevsky@corp.lire.ru

				<p>изображения используются значения электрического потенциала, измеренные на поверхности объекта, при пропускании через него тока. Практическая реализация метода требует разработки быстрого и эффективного алгоритма реконструкции и создания измерительной аппаратуры, обеспечивающей высокую точность электрических измерений. Измерения в электроимпедансной томографии могут быть сделаны достаточно быстро. В сочетании с высокой скоростью обработки информации это позволяет визуализировать многие процессы (такие как сердечные сокращения) в реальном времени. В институте разрабатывается как измерительное оборудование ЭИТ, так и методы решения соответствующей обратной задачи.</p>	
7.	<p>Научный центр неврологии РАМН</p>	<p>– Вызовы глобального демографического перехода; – Возрастающий спрос на продолжительность и</p>	<p>Иллариошкин Сергей Николаевич, заместитель директора по</p>	<p>Основные направления научной деятельности: 1. Сосудистые поражения мозга (инфаркты мозга, кровоизлияния в мозг, сосудистая деменция, в т.ч. требующие</p>	<p>тел. 8(495)9160595, 8(495)917-8007</p>

		<p>качество жизни населения; – Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС</p>	<p>научной работе ФГБУ «НЦН» РАМН, руководитель Отдела исследований мозга, профессор, доктор медицинских наук</p>	<p>реконструктивных и эндоваскулярных операций на сосудах мозга и др.); 2. Демиелинизирующие заболевания и болезни двигательного нейрона; 3. Дегенеративные и наследственные заболевания нервной системы (болезнь Паркинсона и другие формы паркинсонизма, наследственные атаксии, параплегии, дистония, деменции и др.); 4. Критические состояния в неврологии (кома и другие расстройства сознания, тяжелые инсульты, эпилепсия, миастения, синдром Гийена-Барре и другие заболевания, требующие искусственной вентиляции лёгких); 5. Восстановительная неврология (все формы реабилитации после инсульта, травм и других поражений мозга); 6. Другие заболевания центральной и периферической нервной системы (головная боль, включая мигрень, эпилепсия и др.); 7. Структурно-функциональные и нейрохимические закономерности</p>	
--	--	--	---	---	--

				пластичности головного мозга.	
8.	Психологический институт Российской Академии Образования	– Вызовы глобального демографического перехода; – Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения	Малых Сергей Борисович, академик РАО, доктор психологических наук, профессор	Основные научные направления: 1. психическое развитие дошкольников; 2. психология младшего школьника; 3. психология подростка; 4. психологические основы новых образовательных технологий; 5. социально-психологические проблемы развития личности; 6. дифференциальная психология и психофизиология; 7. психология саморегуляции; 8. возрастная психогенетики; 9. онтогенез индивидуальных различий; 10. психология одаренности; 11. экопсихология развития; 12. психологические проблемы художественного развития; 13. психология учения; 14. психология профессионального развития личности; 15. научные основы детской	тел. 8(495)6959363, 8(495)69588-76 malykhsb@mail.ru

				<p>практической психологии;</p> <p>16. научные основы психологического консультирования и психотерапии;</p> <p>17. психологические основы построения школьных учебников.</p>	
9.	НИИ Нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко РАМН	<p>– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС;</p> <p>– Вызовы глобального демографического перехода</p>	<p>Коновалов Александр Николаевич, академик РАН и РАМН, Директор НИИ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко</p>	<p>Приоритетные направления научной деятельности:</p> <p>1. Нейроонкология (разрабатываются методы лечения новообразований труднодоступной локализации);</p> <p>2. Сосудистые заболевания головного и спинного мозга (разрабатываются вопросы лечения артериальных аневризм в остром периоде субарахноидального кровоизлияния, методы прямых вмешательств на гигантских и труднодоступных аневризмах, а также проблема борьбы с артериальным спазмом);</p> <p>3. Черепно-мозговые травмы:</p> <p>– Исследования сосредоточены на углубленном изучении патогенеза травматической болезни головного мозга;</p> <p>– Разработаны новые</p>	<p>тел. 8(499)2513555</p>

				<p>классификационные, диагностические, прогностические и лечебные принципы в нейротравматологии;</p> <p>– Создана патогенетическая классификация острой черепно-мозговой травмы, ее последствий и осложнений;</p> <p>4. Педиатрическая нейрохирургия;</p> <p>5. Функциональная нейрохирургия (Основными направлениями научных исследований являются изучение функциональной организации центральной и периферической нервной системы в норме и при различных видах патологии, и разработка методов селективного воздействия на головной и спинной мозг с целью восстановления нарушенных функций);</p> <p>6. Патологии спинного мозга и периферических нервов (направлениями научных исследований являются совершенствование методов лечения дегенеративных заболеваний позвоночника, последствий спинальной травмы, сосудистых мальформаций и</p>	
--	--	--	--	--	--

				опухолей спинного мозга и позвоночника, включая метастатические); 7. Радиология и радиохирurgia.	
10.	Лаборатория нейробиологии Казанского (Приволжского) федерального университета	Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС	Хазипов Рустем Нариманович, доктор медицинских наук	В лаборатории осуществляются исследования развития мозга и роли ранней активности в формировании нейрональных сетей в пре- и постнатальный период человека и крысят (экспериментальная модель). Разработаны методики регистрации и анализа электрической активности мозга новорожденных и их реакции на внешние стимулы. Разрабатывается компьютерная программа «Атлас развивающегося мозга в стереотаксических координатах», имеющая коммерческий потенциал в научной и образовательной средах и в фарминдустрии.	тел. 8(843)2337109 roustem.khazipov@inserm.fr
11.	Курчатовский НБИКС-центр Национального исследовательского центра «Курчатовский	– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения; – Освоение экстремальных климатических зон;	Ковальчук Михаил Валентинович, доктор физико-математических наук, профессор,	Основная цель НБИКС-центра заключается в получение новых знаний в области конвергентных нано-, био-, инфо- и когнитивных наук, разработка и создание устройств и систем, обеспечивающих формирование научного	тел. 8(499)1969539 nrcki@nrcki.ru

	институт»	– Переход к производствам следующего поколения	член-корреспондент РАН, Директор Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»	задела принципиально нового технологического базиса, включая прототипы антропоморфных технических систем на гибридной и биоподобной компонентной базе, создание и эксплуатация исследовательско-технологических комплексов сверхпроводимости, нейрокognитивных исследований воздействия различных видов излучений, частиц и полей на нервную систему и ее функции и моделирование биологических и гибридных нейрональных систем и др.	
12.	Центр когнитивных исследований Филологического факультета МГУ имени Ломоносова	– Вызовы глобального демографического перехода; – Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения	Кибрик Андрей Александрович, доктор филологических наук, руководитель Центра	На базе центра осуществляются исследования по следующим направлениям: 1. Анализ дискурса; 2. Жестовая лингвистика; 3. Когнитивная нейронаука и нейролингвистика (В рамках этого направления проводится нейролингвистический анализ особенностей речи у младших школьников с нормативными и отклоняющимся речевым развитием, что позволит	тел. 8(495)9392601 aakibrik@gmail.com



				<p>дифференцировать трудности звукопроизношения и воспроизведения слоговой структуры слова и уточнить механизмы нарушения произносительной стороны речи у детей с разными формами алалии и дизартрии. Полученные данные могут помочь логопедам в оптимизации методики развития речи у детей с нарушениями речи. А также изучаются психофизиологические корреляты языковой сложности с применением знаний и методов психофизиологии, а именно, регистрации движений глаз, ЭЭГ и вегетативного показателя);</p> <p>4. Когнитивная психология (Одной из тематик, разрабатываемой в рамках данного направления, является исследование зрительного внимания и языка, посвященные изучению так называемых нисходящих (top-down) влияний на обработку зрительной информации, к источникам которых относится, с одной стороны, прошлый опыт познающего субъекта, а с другой</p>	
--	--	--	--	---	--

				<p>стороны – его цели и намерения, связанные со стоящей перед ним задачей. В условиях переработки наглядно представленной языковой информации, которая играет особую роль в жизни современного человека, механизмы и особенности функционирования зрительного внимания могут отличаться от ситуаций обработки иных видов зрительной информации. Также планируется исследование взаимодействия между вниманием и языком, прежде всего на материале лексики);</p> <p>5. Когнитивно-лингвистический анализ речевой просодии;</p> <p>6. Компьютерное моделирование когнитивных и речевых процессов (В рамках данного направления поставлена цель создания антропоморфного лингвистического обеспечения автоматического синтеза русской речи. Разработка антропоморфного фонетического процессора для автоматического синтеза русской речи</p>	
--	--	--	--	---	--

				<p>должна обеспечивать высокое качество синтезированной речи в рамках действующего экспериментального макета компьютерного синтезатора. В составе действующего макета используется автоматический фонетический транскриптор, который создает сегментную и супraseгментную транскрипцию письменных русских текстов (на основе правил стандартного произношения). Проводимые в настоящее время исследования в основном направлены на расширение и уточнение функций этого принципиально важного компонента в действующей модели фонетического процессора);</p> <p>7. Лингвогенез;</p> <p>8. Мультимодальная лингвистика;</p> <p>9. Психолингвистика (Разработка методологических вопросов психолингвистики, в том числе вопроса об интеграции и дифференциации психолингвистики в пространстве когнитивной науки, а также о</p>	
--	--	--	--	---	--

				<p>взаимовлиянии когнитивной лингвистики, психолингвистики, когнитивной психологии и нейролингвистики);</p> <p>10. Семантика и прагматика;</p> <p>11. Языковое разнообразие и универсалии.</p>	
13.	Санкт-Петербургский государственный университет	<p>– Вызовы глобального демографического перехода;</p> <p>– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения</p>	<p>Лаборатория когнитивных исследований – Черниговская Татьяна Владимировна, Заведующая лабораторией, д.б.н., д.ф.н.</p>	<p>Основные проекты, в рамках которых ведется научная деятельность:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экспериментальное изучение контекстуальных факторов, влияющих на процесс речевосприятия;</li> <li>2. Когнитивные механизмы преодоления информационной многозначности;</li> <li>3. Экспериментальное исследование ментальной грамматики на материале русского языка;</li> <li>4. Структура ментального лексикона: экспериментальное исследование на материале русского языка;</li> <li>5. Исследование лексического компонента языка с помощью методики регистрации движения глаз;</li> <li>6. Нейрофизиологические,</li> </ol>	<p>cognitive.smolny@gmail.com</p> <p>tatiana.chernigovskaya@gmail.com</p>

				<p>психологические и лингвистические аспекты социального взаимодействия в процессе решения когнитивных задач;</p> <p>7. Дискурсивные средства и интеракциональные механизмы управления социально-распределенным вниманием;</p> <p>8. Применение формальных лингвистических моделей к русскому языку: экспериментальное исследование порядка слов, согласования времен, референции и формообразования;</p> <p>9. Метарепрезентация и формирование внутренней модели сознания «другого» (Theory of Mind) в норме и при шизофрении: психолингвистическое и нейропсихологическое исследование организации коммуникативного взаимодействия.</p>	
--	--	--	--	--	--

		<p>– Вызовы глобального демографического перехода;</p> <p>– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения</p>	<p>Кафедра Высшей нервной деятельности и психофизиологии</p> <p>– Шестакова Анна Николаевна, PhD</p>	<p>На кафедре осуществляются комплексные исследования психофизиологических механизмов когнитивных функций и эмоциональных состояний, разработка которых ведется по следующим основным направлениям:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучение механизмов когнитивных функций, прежде всего памяти и обучения, внимания, принятия решений. Исследование мозговых механизмов согласования деятельности сенсорных и моторных систем (сенсомоторной координации) как основы психических функций мозга человека.</li> <li>2. Исследование речи методами магнито- и электроэнцефалографии, а также диффузной спектроскопии ближнего инфракрасного света; поиск нейробиологических основ механизмов социального влияния и принятия решений.</li> <li>3. Исследование деятельности головного мозга человека при помощи регистрации биопотенциалов головного мозга.</li> </ol>	<p>Тел. 8(812)3289754 anna.shestakov a@cbru.helsinki.fi</p>
--	--	--	--	--	---

				<p>4. Изучение ранних этапов развития когнитивных функций в зависимости от условий протекания пренатального развития.</p> <p>5. Исследование нейробиологических особенностей формирования социального поведения и влияния нейрогормонов на поведение животных в норме и на фоне стресса.</p>	
14.	<p>ООО «Тюменских ассоциативных систем объединение» (ТАСО) Тюменского государственного университета</p>	<p>– Переход к производствам следующего поколения;</p> <p>– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения</p>	<p>Филиппов Вадим Анатольевич, к.с.н., директор Института дистанционного образования ТюмГУ, заведующий Лабораторией нейросистем НИИИИС ТюмГУ</p>	<p>Деятельность ООО «ТАСО» сосредоточена на создании нового класса стратегических информационных технологии – искусственных когнитивных систем:</p> <p>1. Программный комплекс интегрированной среды разработки (Integrated Development Environment, IDE) нейрогенетических сетей, динамических моделей сложных объектов и искусственных когнитивных систем «ТАСО НЕЙРОКОНСТРУКТОР», позволяющий создавать биоморфные нейросетевые системы для решения задач управления сложными техническими</p>	<p>taso@programist.ru filippov-vadim@yandex.ru</p>

				<p>объектами и роботами, анализа семантики текста, звука и изображений, семантического перевода, поиска информации, синтеза нового знания, прогнозирования и решения когнитивных задач на основе технологии кортикоморфных (моделирующих кору мозга) нейрогенетических сетей большой размерности;</p> <p>2. нейрогенетическая система обработки семантики текста (CACC, Processing Semantics System, PSS), для решения когнитивных задач и семантического перевода на базе модели нейрона с многофазной консолидацией следа памяти, кортикоморфных нейросетей и кибергеномики. В рамках этого проекта, в частности, в ТАСО разрабатывается модель кортикальной колонки на базе биоморфной модели нейрона, технологий взрослого нейрогенеза, а также миграции следа памяти;</p> <p>3. самообучающаяся система</p>	
--	--	--	--	--	--



				поддержки принятия решений (СППР, Decision Support System, DSS) по оперативному управлению магистральным транспортом газа на базе нейронных сетей с кортикоморфной архитектурой.	
15.	Лаборатория нейрофизиологии когнитивной деятельности Института возрастной физиологии РАО	– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС; – Вызовы глобального демографического перехода	Мачинская Регина Ильинична, доктор биологических наук, руководитель лаборатории	Основные направления научных исследований лаборатории: 1. Функциональное созревание головного мозга в онтогенезе человека (Совместно с Институтом проблем передачи информации РАН и Институтом коррекционной педагогики РАО разработана система визуального анализа ЭЭГ для характеристики функционального состояния мозга, в которой описание строится не по формальным признакам, а на основе объединения ЭЭГ паттернов в структурные единицы – блоки, - характеризующие функциональное состояние коры как в целом, так и ее отдельных областей, и состояние глубинных регуляторных структур); 2. Формирование системной мозговой организации познавательных процессов	тел. 8(499)2552374 Develop.physio1@inbox.ru

				(восприятия, внимания, зрительно-пространственной и вербальной деятельности) в онтогенезе человека (Показаны особенности мозговой организации когнитивной деятельности ребенка на разных этапах онтогенеза. Проведенные исследования указывают на существование общей тенденции в развитии системной организации когнитивных функций).	
16.	Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой РАН	<p>– Вызовы глобального демографического перехода;</p> <p>– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения;</p> <p>– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС</p>	Медведев Святослав Всеволодович, Директор института, член-корр. РАН, доктор биологических наук, заведующий лабораторией позитронно-эмиссионной томографии	<p>Основные научные направления, разрабатываемые в Институте мозга человека:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физиологические механизмы высших психических функций человека;</li> <li>2. Нейробиологические основы нормальных и патологических состояний мозга.</li> </ol> <p>В рамках этих научных направлений действуют следующие лаборатории:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. группа по изучению нейрофизиологии мышления, творчества и сознания (проводится изучение мозговой физиологической организации и мозговых</li> </ol>	office@ihb.spb.ru

				<p>механизмов мышления, эмоций, творчества, детекции ошибок и сознания. Регистрируются и анализируются электроэнцефалограмма, различные виды сверхмедленных процессов, вызванные потенциалы, местная динамика кровотока (с помощью ПЭТ) при реализации функциональных проб, индуцирующих развитие мыслительных процессов, в том числе с творческим компонентом, и эмоций);</p> <p>2. лаборатория нейробиологии программирования действий (фундаментальные исследования механизмов переработки информации в головном мозгу человека; математическое моделирование переработки информации в модулях коры головного мозга; поиск нейрофизиологических коррелят заболеваний мозга; диагностика заболеваний мозга с помощью методов количественной ЭЭГ, вызванных потенциалов мозга, электромагнитной томографии; коррекция заболеваний мозга</p>	
--	--	--	--	--	--

				<p>с помощью нейротерапии);</p> <p>3. лаборатория стереотаксических методов (создаются и развиваются новые стереотаксические системы, позволяющие значительно уменьшить травматичность нейрохирургических операций. Разрабатываемые универсальные стереотаксические системы, аппараты, приборы и устройства обеспечивают высокую точность при лечебном воздействии на патологические очаги, расположенные в глубоких структурах головного мозга);</p> <p>4. лаборатория нейроиммунологии (разработан новый подход, позволяющий одновременно с использованием наиболее специфических иммунологических методов оценки поражения клеток центральной нервной системы применять магнитно-резонансную и позитронно-эмиссионную томографию для визуализации патологического процесса. Принципиальная новизна состоит в том, что данный подход дает возможность</p>	
--	--	--	--	---	--

				<p>одновременно оценивать как системные аутоиммунные нарушения при рассеянном склерозе, так и локальные функциональные и морфологические изменения в центральной нервной системе. Накоплен значительный опыт по ранней диагностике рассеянного склероза);</p> <p>5. лаборатория нейрофизиологии электромагнитных воздействий (осуществляется проверка гипотезы о системном противострессорном эффекте магнитных воздействий, проявляющимся в изменении эмоционального состояния, порогов болевой чувствительности, оптимизации моторного контроля и нейроиммунной регуляции);</p> <p>6. лаборатория радиохимии;</p> <p>7. лаборатория физиологических состояний мозга (ведутся мультидисциплинарные исследования по проблеме «Сверхмедленные информационно-управляющие взаимодействия систем головного мозга, организма и среды обитания в разные</p>	
--	--	--	--	---	--

				<p>возрастные периоды жизнедеятельности человека», с использованием разработанного в лаборатории интегративного психофизиологического подхода);</p> <p>8. лаборатория восстановления сенсорных систем (исследуются механизмы транскраниальных электровоздействий в реабилитации заболеваний нервной и сенсорной систем у взрослых и детей).</p>	
17.	<p>Лаборатория нейрофизиологии и нейро-компьютерных интерфейсов Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова</p>	<p>– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения;</p> <p>– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС;</p> <p>– Переход к производствам следующего поколения;</p> <p>– Вызовы глобального демографического перехода</p>	<p>Каплан Александр Яковлевич, доктор биологических наук, профессор, заведующий Лабораторией ННКИ</p>	<p>Направления исследований лаборатории ННКИ в области интерфейсов мозг-компьютер (ИМК):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разработка новых типов ИМК, на основе которых создаются развивающие игры и тренажеры;</li> <li>2. Разработка новой ИМК-технологии, сочетающей достоинства позиционного ИМК и методов детекции направления взгляда (в лаборатории ННКИ ведутся работы по созданию интеллектуальных ИМК нового поколения, способных самонастраиваться на индивидуальные</li> </ol>	<p>Тел. 8(495)9391373  <a href="mailto:akaplan@mail.ru">akaplan@mail.ru</a></p>

				<p>особенности электрической активности мозга человека и автоматически адаптировать свою структуру к реальным возможностям конкретного человека, облегчая и ускоряя его обучение владению искусством «мысленного» управления внешними объектами);</p> <p>3. Изучение возможности человека изменять режимы работы корковых нейронных сетей своего головного мозга на основе неосознаваемого оперантного обусловливания паттернов ЭЭГ (доказано, что использование неосознаваемой обратной связи может резко ускорить процесс включения в контур системы человек-машина, а также сделать его доступным для большинства людей, и продемонстрировано, что парадигмы биологической обратной связи (БОС) и мозгокомпьютерного интерфейса, обычно рассматриваемые как чисто технические приложения ЭЭГ, являются высокоэффективным инструментом для фундаментальных исследований</p>	
--	--	--	--	---	--

				<p>неосознаваемых процессов);</p> <p>4. Исследование психофизиологических механизмов позиционного ИМК и разработка его новых типов;</p> <p>5. Изучение возможностей применения в физиотерапевтической практике открытого в лаборатории эффекта неосознаваемого управления цветом (RGB кодом) компьютерного монитора посредством ЭЭГ.</p> <p>Направления фундаментальных и научно-практических исследований группы изучения мозга человека (ГрИМ):</p> <p>1. Электроэнцефалографические (ЭЭГ) маркеры неблагоприятных функциональных состояний мозга человека;</p> <p>2. Новые алгоритмы и методы анализа ЭЭГ на основе ее сегментации;</p> <p>3. Механизмы измененных состояний сознания;</p> <p>4. Активация внутренних резервов психики в аутогенных состояниях;</p>	
--	--	--	--	--	--



				<p>5. Адаптогенные фармакологические средства коррекции неблагоприятных состояний;</p> <p>6. Интеллектуальный интерфейс «мозг-компьютер» (интеллектуальный мозгокомпьютерный интерфейс);</p> <p>7. Неосознаваемое оперантное обусловливание ЭЭГ;</p> <p>8. Объективная диагностика нарушений деятельности мозга при некоторых психопатологиях;</p> <p>9. Эвристические количественные оценки ЭЭГ;</p> <p>10. Выделение и анализ компонентов ЭЭГ;</p> <p>11. Новые показатели вариативности ритма сердца;</p> <p>12. Тесты для оценки адаптации детей к учебе в школе;</p> <p>13. Физиотерапевтическое применение неосознаваемого управления цветом посредством ЭЭГ.</p>	
18.	Кафедра медицинской и	– Вызовы глобального демографического	Пеккер Яков Семенович,	Направления исследований: 1) Моделирование биологических систем:	Тел. 8(83822)42095

<p>биологической кибернетики Сибирского государственного медицинского университета</p>	<p>перехода; – Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС</p>	<p>академик РАМТН, профессор, кандидат технических наук</p>	<p>– функциональное моделирование биотехнической системы с биологической обратной связью; – информация в контуре биоуправления и её терапевтическое применение; – информационный ресурс биосистемы, его роль в жизнедеятельности организма и диагностическая оценка; – информационно–функциональные аспекты адаптации человека; – информационная модель общего патологического процесса, её диагностическое и прогностическое значение; – разработка обучающих моделей физиологических систем. 2) Компьютерная диагностика: – компьютерное воспроизведение, анализ и интерпретация импеданса головного мозга; – интегральная оценка и интерпретация данных кардиоинтервалографии с применением</p>	<p>2 pekker@ssmu.r и</p>
--	--	---	--	----------------------------------

				<p>ЭВМ.</p> <p>3) Системная когнитология в медицине:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– когнитологические подходы к созданию компьютерного методического обеспечения в медицине;</li> <li>– моделирование процессов обучения и усвоения знаний в медицине. Разработка программ компьютерного тестирования;</li> <li>– разработка системы классификации данных медико–биологического эксперимента;</li> <li>– системное проектирование непрерывного образования врачей в области медицинской информатики.</li> </ul> <p>Разработаны программно-аппаратный комплекс для оценки функционального состояния головного мозга человека и метод оценки состояния головного мозга человека и интерпретация изображения.</p>	
19.	Международная лаборатория «Нейрофизиология виртуальной реальности» Санкт-	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения;</li> <li>– Высокий уровень заболеваемости, включая</li> </ul>	Шелепин Юрий Евгеньевич, Руководитель лаборатории, профессор, доктор	<p>Основные направления исследований:</p> <p>1. Оптимизация систем виртуальной реальности (проводятся исследования взаимодействия зрительной коры с другими отделами мозга: с теменной,</p>	<p>Тел. 89052796942 yshelepin@yandex.ru</p>

	<p>Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики</p>	<p>болезни ЦНС</p>	<p>медицинских наук  Foreman Nigel Peter, Научный руководитель, профессор, доктор психологических наук</p>	<p>префронтальной, фузиформной и поясной корой в задачах распознавания и принятия решений на кратковременно предъявляемые стимулы, впервые обеспечено изучение длительной деятельности человека в условиях виртуальной среды); 2. Применение технологий виртуальной реальности для исследования когнитивных функций и их восстановления при частичной утрате (Проводятся исследования когнитивных процессов, обеспечивающих оптимальную деятельность человека в виртуальной среде. Результаты исследований предполагается использовать не только для решения прикладных научно- исследовательских задач в области эргономики, но и опробовать медицинское применение, для разработки принципиально новых методов лечения заболеваний сенсорно-моторной сферы, опорно- двигательного аппарата, принятия решений при неврологических</p>	
--	--	--------------------	--	--	--

				<p>расстройствах, а главное оценить изменение механизмов ориентации в пространстве и принятия решений в разные возрастные периоды);</p> <p>3. Нейрофизиологические исследования методами пространственного и временного картирования мозга;</p> <p>4. Исследование влияния пространственных, фазовых, поляризационных характеристик объектов на восприятие визуальных образов;</p> <p>5. Дискретное временное картирование распределенной электрической активности головного мозга методами цифровой обработки изображений (проводятся исследования по оптимизации данных, полученных с помощью комплексных психофизиологических измерений функционального состояния наблюдателя, в частности, исследования вызванных потенциалов мозга в условиях высокого уровня погружения в виртуальную среду с</p>	
--	--	--	--	---	--

				целью разработки методики выделения единичных ответов на стимулы из общего фона ЭЭГ).	
20.	Международная лаборатория «Когнитивные технологии анализа больших баз данных» Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики	– Освоение экстремальных климатических зон; – Переход к производствам следующего поколения	Витковский Владимир Валентинович, Руководитель кандидат физико-математических наук  Пустильник Лев Абрамович, Научный руководитель	Основные направления исследований: 1. Исследование и развитие технологии когнитивной визуализации для анализа больших объемов экспериментальных данных; 2. Разработка когнитивных технологии многопараметрического мониторинга распределённых техногностических систем; 3. Разработка когнитивных вычислительных алгоритмов и технологий анализа изображений дистанционного зондирования Земли и гетерогенных данных служб мониторинга солнечно-земных связей.	Тел. 89282308729 vzv@unitel.spb.ru
21.	Институт физиологии имени И.П. Павлова РАН	– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС; – Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения;	Дворецкий Джан Петрович, директор Института, чл.-корр. РАН, профессор, докт.	В Институте физиологии имени И.П. Павлова РАН проводятся исследования в следующих областях: 1. физиология высшей нервной деятельности (Осуществляется сравнительное клинико-	Тел. 8(812)3281101, 8(813)7072501

		<p>– Вызовы глобального демографического перехода</p>	<p>мед. наук,</p>	<p>экспериментальное изучение невротических и психосоматических (кортико-висцеральных) нарушений, изучение механизмов избирательности поражения висцеральных систем при невротизирующем воздействии методом сопоставления фоновых и динамических характеристик различных систем у двух групп больных – с неврастенией и «пограничной» гипертензией. Прикладное значение этих работ заключается в выявлении на ранних стадиях психосоматического заболевания надежных критериев, позволяющих отличить последнее от генерализованной невротической дезинтеграции и дезорганизации висцеральных систем организма);</p> <p>2. генетика высшей нервной деятельности (Проводится расшифровка механизмов морфологических изменений структур мозга и эпигенетических модификаций генома нейронов у крыс в условиях, моделирующих возникновение</p>	
--	--	---	-------------------	--	--

				<p>посттравматического стрессорного расстройства у человека, с последующей коррекцией возникающих нарушений методами клеточной терапии и генной инженерии, а также изучении роли глутаматных рецепторов и их взаимодействия с кинуренинами в реализации пластических процессов у нормальных и мутантных по генам, контролирующим кинурениновый путь обмена триптофана, пчёл);</p> <p>3. онтогенез нервной системы (Установлена важная роль серотонина в регуляции морфогенеза на ключевых стадиях развития головного мозга грызунов. Экспериментально продемонстрирована зависимость формирования и реализации различных форм поведения от сроков пренатального альтерирующего воздействия);</p> <p>4. сравнительная генетика поведения;</p> <p>5. регуляция функций нейронов мозга (Выдвинута концепция об универсальном принципе формирования разного вида</p>	
--	--	--	--	--	--



				<p>долговременных адаптивных состояний мозга на молекулярно-клеточном уровне с вовлечением внутриклеточных регуляторных систем, генома, синтезируемых de novo нейромодуляторных пептидов.</p> <p>Предложена новая технология повышения адаптивных возможностей мозга путем эффективной активации механизмов внутриклеточной сигнальной трансдукции. Осуществляется изучение механизмов регуляции экспрессии генов, связанных с процессами организации адаптивного поведения);</p> <p>б. нейроэндокринология (Проводится изучение роли гормонов и нейрогормонов гипоталамо–гипофизарно–адренкортикальной системы (ГГАС) и прежде всего кортиколиберина в интеграции приспособительного поведения и гормональных функций в условиях стресса, и разрабатываются проблемы фенотипической модификации стрессореактивности и</p>	
--	--	--	--	--	--

				<p>приспособительного поведения в «критические» периоды онтогенеза);</p> <p>7. нейрогенетика;</p> <p>8. нейроморфология;</p> <p>9. функциональная морфология и физиология нейрона;</p> <p>10. моделирование познавательных процессов.</p>	
22.	<p>Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН</p>	<p>– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС</p>	<p>Лаборатория нейрорецепторов и нейрорегуляторов – Гришин Евгений Васильевич, академик</p>	<p>Основные направления научной деятельности в области нейронаук:</p> <p>1. изучения природных нейротоксинов и их нейрональных рецепторов;</p>	<p>Тел. 8(495)3366540 grev@mx.ibch.ru</p>
			<p>Отдел молекулярных основ нейросигнализации и – Цетлин Виктор Ионович, чл.-корр. РАН</p>	<p>2. исследование молекулярных механизмов, лежащих в основе нейросигнализации, а также развитие и совершенствование методов исследования процессов нейросигнализации;</p>	<p>Тел. 8(495)3355733 vits@ibch.ru</p>

			Лаборатория биокатализа – Габибов Александр Габибович, чл.-корр. РАН	3. обнаружена сайт-специфическая деградация основного белка миелина под действием аутоантител, выделенных из сывороток крови больных рассеянным склерозом и модельных животных, развивающих ЕАЕ (экспериментальный аутоиммунный энцефаломиелит) и продемонстрирован диагностический и прогностический потенциал этого эффекта;	Тел. 8(495)7273860 gabibov@mx.ibch.ru
			Лаборатория молекулярных основ эмбриогенеза – Зарайский Андрей Георгиевич, д. б. н., профессор	4. изучение молекулярно-генетических механизмов раннего развития центральной нервной системы позвоночных	Тел. 8(495)3363622 azaraisky@yahoo.com
23.	Институт биофизики клетки РАН	– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС; – Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения;	Лаборатория клеточной нейробиологии - Сафронова Валентина Григорьевна, к.б.н.	Основные направления научных исследований: 1. скрининг пептидов, выделенных из ядов змей семейства Viperidae, по их активности в отношении холинорецепторов в нейронах прудовика; 2. исследование кинетики работы	

		<p>– Вызовы глобального демографического перехода</p>		<p>ионных каналов и их моделирование;  3. молекулярные механизмы рецептор-управляемой генерации активных форм кислорода фагоцитами и их трансформация при заболеваниях. Механизмы действия иммуномодулирующих веществ;  4. изучение влияния про- и антиоксидантных веществ на торможение пролиферации, индукцию дифференцировки и последующей гибели нервных клеток в культуре на примере экспериментальной модели нейробластомы мыши N1E-115. Разработка метода получения стабильно дифференцированных клеток нейробластомы мыши N1E-115 in vitro и длительного поддержания их жизнеспособности</p>	
			<p>Лаборатория клеточных механизмов патологии памяти  - Бобкова Наталья</p>	<p>Основное направление научных исследований – изучение клеточных и системных механизмов функционирования головного мозга и информационных процессов в нем, влияние различных</p>	

			Викторовна, к.б.н.	физических факторов на деятельность мозга, изучение волновых механизмов в возбудимых тканях; исследование клеточных механизмов памяти в норме и при развитии патологического процесса на животных моделях нейродегенеративных заболеваний (болезнь Альцгеймера и рассеянный склероз). Нейрогенез в мозге. Экспериментальная разработка подходов к ранней диагностике и лечению перечисленных заболеваний.	
			Лаборатория механизмов рецепции – Фесенко Евгений Евгеньевич, д.б.н, проф. член-корр. РАН	<p>Основные направления научных исследований:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Молекулярные механизмы функционирования защитных систем эпителиальных тканей,</li> <li>2. Исследование молекулярно-клеточных механизмов стресса, вызванного химическими и физическими факторами,</li> <li>3. Пространственная структурно-функциональная организация химических синапсов ЦНС,</li> <li>4. Поиск алгоритмов формирования</li> </ol>	

				<p>биологически активных электромагнитных сигналов,</p> <p>5. Адаптация ЦНС,</p> <p>6. Поиск алгоритмов формирования биологически активных электромагнитных сигналов,</p> <p>7. Изучение действия слабых электромагнитных излучений и слабых магнитных полей на морфогенетические процессы на биологических моделях беспозвоночных,</p> <p>8. Участие клеток иммунной системы в ответах организма на воздействие внешних физических факторов</p>	
			<p>Лаборатория внутриклеточной сигнализации – Зинченко Валерий Петрович, д.б.н.</p>	<p>Основные направления научных исследований:</p> <p>1. Нейроимидж взаимодействия синаптических рецепторов нейронов мозга.</p> <p>2. Разработка оптических методов регистрации рецепторов NMDA, AMPA, KA, ГАМКA<sup>-</sup>, CB1, 5HT1, CCK2 в нейронах в культуре.</p> <p>3. Клеточные механизмы коррекции</p>	

				<p>психоэмоционального состояния человека.</p> <p>4. Кальциевые колебания и волны. Их роль во внутриклеточной и межклеточной сигнализации. Математическое моделирование колебаний и формирования импульсов внутриклеточного <math>Ca^{2+}</math>.</p> <p>5. Молекулярные механизмы клеточной дифференцировки.</p> <p>6. Механизмы глобальной сигнальной недостаточности при ожирении, метаболическом синдроме и диабете II типа. Рецепторы, сигнализация, механизмы регуляции липогенеза и липолиза в адипоцитах. Механизмы и разработка протекторов печеночных энцефалопатий.</p> <p>7. Идентификация, характеристика, механизмы регуляции новых <math>Ca^{2+}</math> каналов, участвующих в рецептор-зависимом входе <math>Ca^{2+}</math> в клетки.</p> <p>8. Механизмы импульсной секреции АТФ в различных типах клеток.</p> <p>9. Механизмы, регуляция <math>Na^+/Ca^{2+}</math> обменника митохондрий</p>	
--	--	--	--	--	--

				<p>электровозбудимых клеток в норме и патологии.</p> <p>10. Подготовка научных кадров, работающих в направлении использования результатов фундаментальных исследований в медицине и фармакологии.</p>	
24.	<p>Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН</p>	<p>– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС</p>	<p>Лаборатория конформационной стабильности белков и физических методов анализа – Макаров Александр Александрович доктор биологических наук, профессор, академик РАН</p>	<p>Основные направления научной деятельности:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Модификация микробных рибонуклеаз для селективного подавления роста опухолевых клеток.</li> <li>2. Изучение влияния противоопухолевых средств и мутаций статмина на молекулярные механизмы регуляции динамики микротрубочек. Роль аминокислотных замен и посттрансляционных модификаций (3-амилоида в патогенезе болезни Альцгеймера.</li> <li>3. Роль нуклеотидов в функционировании ГТРа3 аппарата трансляции. Исследование структурных основ функционирования макромолекул методами рентгеноструктурного анализа и структурной биоинформатики.</li> </ol>	<p>aamakarov@ei mb.ru</p>



25.	Институт молекулярной генетики РАН	<p>– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС;</p> <p>– Вызовы глобального демографического перехода</p>	<p>Отдел молекулярных основ генетики человека – Лимборская С.А., профессор, д.б.н.</p>	<p>Установлены молекулярные причины неврологических наследственных болезней, включая спинно-мозжечковые атаксии, торзионные дистонии, миодистрофии, болезнь Вильсона-Коновалова, хорея Гентингтона и наследственные формы болезни Паркинсона. Показан важный вклад в развитие спорадических (несемейных) форм болезни Паркинсона делеционных мутаций в гене паркина.</p>	
			<p>Отдел химии физиологически активных веществ – Мясоедов Николай Федорович, д.х.н., проф., академик РАН</p>	<p>Разработка лекарственных средств с нейропротекторными свойствами</p>	
26.	Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН	<p>– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС</p>	<p>Лаборатория нервных и нейроэндокринных регуляций – Угрюмов Михаил</p>	<p>Исследование гипоталамуса и его роли в развитии целостного организма. В рамках этого направления дана оценка поэтапного развития нейросекреторных нейронов, регуляция их дифференцировки</p>	<p>Тел. 84991358842 michael.ugrumov@mail.ru</p>

			Вениаминович, академик	межклеточными химическими сигналами, играющими роль морфогенетических факторов. В ходе изучения дифференцировки нейрона и развития мозга было доказано, что нейроны на ранних этапах функционируют как секреторные клетки, а мозг в целом до формирования гематоэнцефалического барьера играет роль гигантского полифункционального эндокринного органа, участвующего в нейрогуморальной регуляции развития целостного организма.	
			Лаборатория нейробиологии развития – Захаров Игорь Сергеевич, доктор биологических наук	Исследование роли нейротрансмиттеров в механизмах генерации, реорганизации и координации центральных моторных программ. Исследование нейробиологии развития: сравнительное изучение нейрогенеза личинок трохофорных животных позволило существенно изменить общепринятые представления о дифференцировке нервных клеток и формировании дефинитивной нервной системы. А также изучаются	iszakharov@yandex.ru

				молекулярные механизмы нейротрансмиссии моноаминов на моделях беспозвоночных животных.	
27.	Институт физиологически активных веществ РАН	– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС	Лаборатория генетического моделирования нейродегенеративных процессов – Нинкина Наталья Николаевна, д-р мед. наук, зав. лаб.	Основные направления исследований: 1. Изучение действия разрабатываемых в ИФАВ РАН препаратов, обладающих нейропротекторными свойствами, на ключевые звенья патогенеза протеинопатий; 2. Моделирование протеинопатий в клеточных культурах; 3. Изучение молекулярных основ патогенеза бокового амиотрофического склероза; 4. Создание новых линий трансгенных мышей с высоким уровнем экспрессии мутантных форм белков FUS и TDP-43 человека; 5. Моделирование составляющих нейродегенеративного процесса, связанных с истощением нормальной функции белков, вовлеченных в процесс патологической агрегации. Изучение	Тел. 8(496)5242588

			физиологических функций белков семейства синуклеинов (synuclein family); б. Склонные к агрегации РНК-связывающие белки: механизмы патологической агрегации и роль в нейродегенерации.	
		Лаборатория нейрорецепции – Григорьев Владимир Викторович, Заведующий лабораторией, доктор биологических наук	Проводится комплексная оценка действия новых и известных соединений на нейрональные рецепторы и ионные каналы для оптимизации структуры соединений-лидеров; изучение роли нейрональных рецепторов и ионных каналов в механизмах патогенеза острых и хронических нейродегенеративных заболеваний.	grigor@ipac.ac.ru
		Лаборатория биомолекулярного скрининга - Бачурин Сергей Олегович, научный руководитель лаборатории	Основные задачи и направления исследований лаборатории: 1. Постановка методов высокопроизводительного скрининга потенциальных лекарственных препаратов; 2. Разработка систем скрининга потенциальных лекарственных препаратов	bachurin@ipac.ac.ru

			член-корр. РАН	для лечения нейродегенеративных заболеваний; 3. Исследование роли митохондрий как потенциальной мишени для создания нейропротекторных препаратов; 4. Оценка биохимических и гематологических характеристик крови животных в рамках исследования биологической безопасности потенциальных лекарственных препаратов в соответствии с принципами GLP.	
28.	Научный центр психического здоровья РАМН	– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС; – Вызовы глобального демографического перехода	Уранова Наталия Александровна, д.м.н. – Лаборатория клинической нейроморфологии с патологоанатомической группой, Голимбет Вера Евгеньевна, д.б.н. – Лаборатория клинической	Основными задачами центра являются : 1. разработка новых методов диагностики, лечения и профилактики психических заболеваний (в том числе определение молекулярных и клеточных механизмов болезни Альцгеймера, аутизма, шизофрении и недифференцированных форм нарушения психики с помощью полногеномного сканирования; идентификация эндогенных и экзогенных факторов риска при психических болезнях и возможных путей их научно-обоснованной молекулярной	Тел. 8(499)6178147

			генетики, Гаврилова Светлана Ивановна, д.м.н. – Отдел гериатрической психиатрии	терапии с использованием современных молекулярно-генетических методов); 2. внедрение в практику современных методов терапии и реабилитации; 3. вопросы социальной адаптации психически больных; 4. организация и проведение основных направлений развития научных исследований в области клинических и клинико-биологических разработок проблем психического здоровья; 5. исследование вопросов организации и внедрения новых форм психиатрической помощи.	
29.	Научно- исследовательский институт психического здоровья СО РАМН	– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС; – Вызовы глобального демографического перехода	Ветлугина Тамара Парфеновна, доктор биологических наук, профессор - Отдел биологической психиатрии и наркологии	Основные научные направления деятельности ФГБУ «НИИПЗ» СО РАМН: 1. Изучение распространенности психических расстройств и расстройств поведения в регионе Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера; 2. Изучение патогенеза основных психических расстройств и расстройств поведения (Изучение психонейроиммунных механизмов	Тел. 8(3822)724415 vetlug@mail.to msknet.ru

				<p>формирования компенсаторно-приспособительного поведения больных шизофренией на разных этапах психобиосоциальной реабилитации; разработка концепции иммунопсихологической защитно-адаптивной системы стрессоустойчивости/ стрессоуязвимости; обоснование гипотезы сенсорной уязвимости и риска формирования психической патологии; разработка алгоритма ранней диагностики склонности к формированию болезней зависимости, основанного на цитокин-опосредованных механизмах ноцицепции; разработка и внедрение инновационных патогенетически обоснованных методов персонализированной психофармакотерапии с включением технологии иммунокоррекции для предупреждения хронизации патологического процесса, преодоления резистентности, побочных явлений и осложнений, возникающих при применении традиционной терапии);</p>	
--	--	--	--	--	--

				<p>3. Разработка и внедрение новых методов и технологий диагностики, терапии и профилактики психических расстройств и расстройств поведения;</p> <p>4. Разработка научных основ организации и совершенствования специализированной психиатрической, наркологической, психотерапевтической и медико-психологической помощи населению Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера.</p>	
30.	Государственный научный центр социальной и судебной психиатрии им. В.П. Сербского МЗ РФ	<p>– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС;</p> <p>– Вызовы глобального демографического перехода</p>	Чехонин Владимир Павлович, академик РАМН, доктор медицинских наук, профессор – Отдел фундаментальной и прикладной нейробиологии	<p>Основные направления деятельности:</p> <p>1. Исследования нейроспецифических белков (НСБ) – маркеров патологических процессов в ЦНС.</p> <p>2. Получение моноклональных антител к НСБ и разработка тест систем для определения уровня НСБ в биологических жидкостях.</p> <p>3. Разработка систем адресной доставки липосомальных контейнеров и наногелей через гемато-энцефалический барьер.</p> <p>4. Исследования метаболизма</p>	



				<p>катехоламинов и серотонина в норме и при различных психических отклонениях.</p> <p>5. Разработка модели агрессивного и шизофреноподобного состояния у животных.</p> <p>6. Исследования клеточной терапии инсультов и травм спинного мозга</p> <p>7. Повышение эффективности диагностики и лечения психических заболеваний на основе комплексного анализа генотипов лиц, страдающих психическими расстройствами.</p> <p>8. Исследования возможности использования генетических маркеров для поиска лиц, предрасположенных к агрессии и жестокости.</p> <p>9. Получение рецептоспецифических липидосодержащих наноконплексов для разработки методов генотерапии вирусных и онкологических заболеваний.</p> <p>10. Разработка технологии создания пролонгированных лекарственных форм социально-значимых препаратов на основе CRA технологии.</p>	
--	--	--	--	---	--

				<p>11. Изучение патогенеза нейроиммунохимических и нейрофизиологических основ агрессивного поведения.</p> <p>12. Разработка метода визуализации различных патологических процессов в головном мозге на основе векторных биосовместимых наночастиц оксида железа.</p> <p>13. Изучение антиангиогенных подходов в терапии экспериментальных глиом.</p> <p>14. Изучение нарушений показателя торможения вызванной волны P50 при шизофрении, которая относится к эндофенотипам шизофрении (т.е. является маркером генотипа).</p> <p>15. Исследования возможности создания и применения в клинической практике наногелей в качестве векторных препаратов.</p> <p>16. Исследование функций экстраклеточных фрагментов мембранных белков, формирующих ГЭБ, а также</p>	
--	--	--	--	---	--

				оценка возможности создания рекомбинантных препаратов этих белков.	
31.	Научно-исследовательский институт фармакологии им. В.В. Закусова РАМН	– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС; – Вызовы глобального демографического перехода	Лаборатория нейрохимической фармакологии – Кудрин Владимир Сергеевич, кандидат медицинских наук	Основные направления научной деятельности Лаборатории: 1. Изучение участия нейромедиаторных систем мозга (адрен-, дофамин- и серотонинергической) в механизмах действия психотропных веществ (нейролептиков, анксиолитиков, ноотропов, антиконвульсантов); 2. Изучение нейропротективной активности нейропептидов и других соединений с ноотропными свойствами; 3. Исследование скорости синтеза и метаболизма дофамина в условиях экспериментального моделирования латентной фазы болезни Паркинсона; 4. Изучение роли нейромедиаторных аминокислот, оксида азота, перекисного окисления липидов при моделировании патологии мозга (судорожные состояния различной природы, мнестические расстройства, ишемия).	Тел. 8(495)6012153

			<p>Лаборатория клинической психофармакологии – Незнамов Григорий Георгиевич, доктор медицинских наук, профессор</p>	<p>Основными задачами Лаборатории являются:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проведение исследования клинико-фармакологических закономерностей действия новых и применяемых в лечебной практике психотропных препаратов;</li> <li>2. Проведение научных исследований и прикладных работ по диагностике и коррекции нарушений психической адаптации, развивающихся у различных контингентов в условиях воздействия неблагоприятных эндогенных факторов;</li> <li>3. Внедрение в деятельность учреждений здравоохранения современных достижений экспериментальной и клинической психофармакологии в виде консультативной, диагностической, лечебной и терапевтической помощи.</li> </ol>	<p>Тел. 8(495)6012362</p>
			<p>Отдел фармакогенетики - Середенин Сергей</p>	<p>Основные направления научной деятельности Отдела:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исследования в области фармакогенетики эмоционально-</li> </ol>	<p>Тел. 8(495)6012186</p>

			<p>Борисович, доктор медицинских наук, академик РАМН, профессор</p>	<p>стрессовых реакций.</p> <p>2. Разработка средств профилактики и коррекции эмоционально-стрессовых реакций с учетом их фенотипа.</p> <p>3. Исследование генетически контролируемых различий в метаболизме лекарств.</p> <p>4. Исследование генетических закономерностей развития и разработка средств индивидуальной фармакотерапии алкоголизма и зависимости от психоактивных средств.</p> <p>5. Оценка мутагенных свойств лекарств и разработка фармакологических средств защиты генома.</p> <p>6. Разработка нейропротективных лекарственных препаратов для лечения нейродегенеративных заболеваний с использованием моделей на культурах клеток.</p> <p>7. Исследование молекулярных механизмов действия препаратов.</p>	
--	--	--	---	--	--

			<p>Лаборатория психофармакологии – Воронина Татьяна Александровна, доктор медицинских наук, профессор</p>	<p>Основным направлением деятельности лаборатории психофармакологии является изучение механизмов эндо- и экзогенной регуляции функций центральной нервной системы на поведенческом, нейрохимическом и электрофизиологическом уровнях и создание оригинальных нейропсихотропных препаратов мембранотропного, рецепторного и модулирующего действия, ингибиторов пептидаз, веществ, влияющих на системы нейромедиаторов.</p> <p>Проводятся исследования по изучению механизмов регуляции процессов памяти, анксиогенеза, депрессии, стресса, деменции, старения, судорог, паркинсонизма, стресса, сна, гипоксии и ишемии, лекарственной зависимости и лекарственной дифференцировки, перинатальной патологии и др.) и на этой основе осуществляется поиск средств патогенетической терапии этих заболеваний.</p>	<p>Тел. 8(495)6012414 tavoronina@mtu-net.ru</p>
--	--	--	---	--	---

				<p>В лаборатории осуществляется преclinical изучение новых оригинальных химических соединений и веществ на основе нейропептидов, обладающих антидепрессивной, анксиолитической, антистрессорной, противогипоксической, противоишемической, анальгетической, ноотропной, антипаркинсонической, противосудорожной, снотворной активностью. Создаются препараты в новых лекарственных формах, в том числе на основе нанотехнологий.</p> <p>Проводятся комплексные экспериментально-клинические исследования по созданию фармакологической защиты мозга при эпилепсии, паркинсонизме, цереброваскулярной патологии, невротических состояниях, что используется при оценке действия известных и при поиске новых препаратов.</p>	
32.	Научно-исследовательский	– Высокий уровень заболеваемости, включая	Отдел системной нейробиологии и	Отдел состоит из следующих лабораторий: 1. Лаборатория нейробиологии	k.anokhin@nph ys.ru

<p>институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина РАМН</p>	<p>болезни ЦНС;  – Вызовы глобального демографического перехода;  – Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения</p>	<p>функциональной нейрхимии:  Анохин Константин Владимирович, чл.-корр. РАН, чл-корр. РАМН, профессор, д.м.н;  Шерстнев Владимир Вячеславович, профессор, д.м.н;  Угрюмов Михаил Вениаминович, академик РАН, профессор, доктор биологических наук</p>	<p>памяти;  2. Лаборатория системогенеза поведения (Область научных интересов лаборатории – исследование роли механизмов развития и адаптивной пластичности в формировании поведения в пери- и постнатальном онтогенезе. Актуальность исследований обусловлена значимостью и долговременностью последствий событий раннего онтогенеза для взрослого организма, в частности: заболеваний, манифестация которых зависит от условий перинатального развития, экологических и социокультурных факторов среды, детской травматической памяти (невротические, постстрессорные состояния и др.);  3. Лаборатория нейрогистологии им. Б.И. Лаврентьева (Работа лаборатории сфокусирована на системном изучении процессов регуляции в развивающемся мозге, изучении механизмов нейропластичности);  4. Лаборатория функциональной</p>	<p>v.sherstnev@nrhys.ru  m.ugrumov@nrphys.ru</p>
---	--	---	--	--



				нейрохимии (Работа лаборатории направлена на изучение принципов нейрохимической организации и молекулярных механизмов специфической деятельности мозга и отдельных нервных клеток).	
			Отдел системных механизмов поведения	<p>Отдел состоит из следующих лабораторий:</p> <p>1. Лаборатория физиологии мотиваций (Основное направление исследований: изучение нейрофизиологических, нейрохимических и молекулярных механизмов системоорганизующего компонента целенаправленного поведения — доминирующей мотивации);</p> <p>2. Лаборатория общей физиологии функциональных систем (Целью проводимых в настоящее время исследований лаборатории является изучение центральных и периферических механизмов, а также индивидуально-типологических особенностей принятия решения в процессе активного выбора субъектом условий и способов достижения</p>	

				<p>полезного результата);</p> <p>3. Лаборатория физиологии подкрепления (Работа лаборатории фокусируется на проблемах, связанных с выявлением и изучением физиологических факторов и условий, стимулирующих (подкрепляющих) отдельные реакции или формы поведения. Используются лабораторные модели и наблюдения с участием людей. В фокусе исследований — частные аспекты физиологии зависимостей (эндогенная опиоидная система), подкрепление при обучении, объективизация состояний с использованием подкрепляющих стимулов);</p> <p>4. Лаборатория нейрокибернетики.</p>	
33.	<p>Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии РАМН</p>	<p>– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС;</p> <p>– Вызовы глобального демографического перехода</p>	<p>Лаборатория общей патологии нервной системы</p> <p>– Решетняк Виталий Кузьмич, Кучеряну В.Г., д.м.н.</p>	<p>Лаборатория общей патофизиологии нервной системы является головным подразделением Института в разработке проблем общей патофизиологии нервной системы на оригинальных моделях основных нейропатологических синдромов (паркинсонизма, депрессивного и</p>	

				депрессивно-болевыми синдромами, тревожно-депрессивных состояний) и их комплексной патогенетической терапии.	
			Лаборатория нейроиммунопатологии – Давыдова Татьяна Викторовна	Проводятся исследования роли антител к нейромедиаторам, в частности антител к глутамату и ГАМК, при психоэмоциональном стрессе, болезни Альцгеймера, болезни Паркинсона, сосудистой патологии ЦНС, алкоголизме.	
34.	Центр нейроэкономики и когнитивных исследований НИУ «Высшая школа экономики»	– Замедление роста производительности труда; – Переход к производствам следующего поколения	Ключарев Василий Андреевич	Основные сферы научных исследований: 1. Группа Нейроэкономики (вед. науч. сотрудник В. Ключарев). Исследования механизмов принятия решений в различных социальных контекстах; 2. Группа Изучения Динамики Нейрональных Процессов (вед. науч. сотрудник В. Никулин). Изучение процессов, связанных с соотношением возбуждательных/тормозных процессов в различных частях коры, а также нервных сетей, вовлеченных в эти процессы; 3. Группа Изучения Когнитивного Контроля, Коммуникации и Восприятия (вед. науч. сотрудник Ю. Штыров).	vasily.klucharev@unibas.ch

				<p>Изучение когнитивных процессов, лежащих в основе речевой коммуникации, а также ее нейроанатомического субстрата. В исследованиях особое внимание уделяется анализу функционального взаимодействия между частными и общими когнитивных системами, а также изучению общих нейронных сетей, поддерживающих в эти процессы;</p> <p>4. Группа Математического Моделирования (вед. науч. сотрудник Б. Гуткин). Моделирование обработки мозгом поступающей сенсорной информации, а также когнитивных процессов и возникновения патологических состояний.</p>	
35.	Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава РФ	<p>– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС;</p> <p>– Вызовы глобального демографического перехода</p>	Яхно Николай Николаевич, Академик РАМН, проф., д.м.н.	Внесен существенный вклад в разработку диагностики, лечения и реабилитации нейродегенеративных заболеваний – болезни Паркинсона и болезни Альцгеймера.	
36.	Институт психологии РАН	– Возрастающий спрос на продолжительность и	Александров Ю.И., проф.;	Основные направления научной деятельности:	

		качество жизни населения; – Вызовы глобального демографического перехода	Ушаков Д.В., чл.-корр. РАН; Холодная М.А., проф. Обознов А. А., проф.	1. инженерная психология и эргономика; 2. познавательные процессы и математическая психология; 3. психофизиология; 4. социальная и экономическая психология; 5. психология личности; 6. психология развития; 7. психология труда; 8. психология и психофизиология творчества; 9. психология посттравматического стресса; 10. психология речи и психолингвистика; 11. история психологии и историческая психология; 12. психология способностей и ментальных ресурсов .	
37.	Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М.	– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС	Лаборатория нейрофизиологии ребенка – Цицерошин	Основные направления научной деятельности: 1. изучение становления в онтогенезе ребенка системной деятельности мозга;	Тел. 8(812)5527031 ciceromn2@yandex.ru

Сеченова РАН		Михаил Николаевич, д.б.н.	<p>2. изучению формирования механизмов церебрального обеспечения речевых функций у детей в норме и при некоторых видах патологии речевого развития;</p> <p>3. исследования по уточнению патогенетических механизмов заболеваний, которые сопровождаются нарушениями в деятельности мозга, имеющими системный характер.</p>	
		Лаборатория интегративных функций мозга – Толкунов Борис Федорович, д.м.н., профессор	Задача лаборатории: изучение организации совместной переработки сигналов в сетевидных структурах мозга млекопитающих.	Тел. 8(812)5523202 bft@iephb.ru
		Лаборатория эволюции межнейронных взаимодействий – Веселкин Николай Петрович, д.м.н., профессор, чл.-	Задача лаборатории: сравнительное изучение структурной основы и функциональной организации процесса межнейронных взаимодействий в центральной нервной системе позвоночных. Проводимые исследования вносят вклад в понимание процессов эволюционного развития нервных клеток и	Тел. 8(812)5523012

			корр. РАН	их связей в ЦНС и открывают новые возможности для изучения механизмов фармакологического воздействия на конкретные локусы нейронных моторных систем.	
			Лаборатория биофизики синаптических процессов – Магазаник Лев Гиршевич, д.б.н., профессор, член-корр. РАН	В лаборатории проводится исследование строения ионных каналов рецепторов глутамата и механизмов их блокады органическими катионами. Одновременно с этим широко развивается направление молекулярного моделирования ионных каналов рецепторов глутамата, а также ведется поиск новых, более избирательных и эффективных антагонистов рецепторов АМПА и НМДА типов.	Тел. 8(812)5523138 mag@LM3805.spb.edu
			Лаборатория сравнительной термофизиологии - Пастухов Юрий Федотович, д.б.н.	Исследования лаборатории посвящены изучению физиологических и молекулярных механизмов защиты мозга и организма при природной адаптации к экстремальным условиям, в моделях стресса, нарушения сна и поведения, эндотоксемии, эпилепсии, болезни Паркинсона. Исследования лаборатории можно объединить в следующие три	Тел. 8(812)5523024 pastukh36@mail.ru

				<p>основные направления:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сравнительная термофизиология адаптивных состояний гомеотермии;</li> <li>2. Молекулярные шапероны в защите функций мозга теплокровных животных;</li> <li>3. Механизмы интеграции молекулярных систем мозга в регуляции физиологических функций и поведения.</li> </ol>	
38.	Институт цитологии РАН	– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС	Лаборатория ионных каналов клеточных мембран – Казначеева Елена Валентиновна, д.б.н.	Исследование механизмов нарушения кальциевой сигнализации в нейрональных клетках при развитии нейродегенеративных заболеваний.	Тел. 8(812)2971497 evkazn@mail.c ytspb.rssi.ru
39.	Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН	– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС	Лаборатория функциональной нейрогеномики – Дыгало Николай Николаевич, д. б. н.; Лаборатория нейрогеномики поведения -	В институте проводятся исследования моноаминергических систем мозга и их роли в регуляции широкого круга функций, в первую очередь нейроэндокринной регуляции.	Тел. 8(383)3634958 *3405 dygalo@bionet.nsc.ru Тел. 8(383)3636187 propova@bionet.nsc.ru



			Попова Нина Константиновна, д. м. н.		
40.	Национальный исследовательский Томский государственный университет	<p>– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения;</p> <p>– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС;</p> <p>– Вызовы глобального демографического перехода</p>	<p>Лаборатория когнитивных исследований и психогенетики – доктор Ю. Ковас</p> <p>Лаборатория психофизиологии - проф. С.А.Богомаз</p> <p>Лаборатория проектирования инновационных процессов в образовании – проф. Г.Н.Прозументова</p>	<p>Исследование природы и механизмов формирования индивидуальных различий в мыслительной деятельности, когнитивных процессах, мотивации и академической успеваемости.</p> <p>Исследование проблем физиологических основ психической деятельности и поведения человека, является основой и базой учебно-исследовательских работ студентов, специализирующихся в области генетической и клинической, а также организационной психологии.</p> <p>Разработка инновационных образовательных программ, технологий и методик, проводит открытую экспертизу образовательных инноваций.</p>	

41.	Казанский государственный медицинский университет	<p>– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС;</p> <p>– Вызовы глобального демографического перехода</p>	<p>Кафедра нормальной физиологии - Зефирова Андрей Львович, член-корр. РАМН</p>	<p>Основные направления научной деятельности в области нейронаук:</p> <p>1. Клеточно-молекулярные механизмы регуляции функций возбудимых структур в норме и при патологии (комплексные исследования роли различных ионных каналов, рецепторов, нейромедиаторов в функционировании возбудимых структур – синапсов, нервных окончаний, скелетных, сердечной и гладких мышц, а также их модуляции под действием биологически активных веществ);</p> <p>2. Молекулярные механизмы синаптической передачи и пресинаптического везикулярного цикла в нервной системе (исследование фундаментальных основ синаптической передачи и клеточно-молекулярных механизмов нарушений работы синаптических контактов при различных патологических состояниях: нейродегенеративных заболеваниях, нарушениях липидного обмена, окислительном стрессе и др.; разработка</p>	<p>Тел. 8(843)2927299, 8(843)2927389</p>
-----	---	---	---	---	--

				<p>современных способов лечения заболеваний нервной системы);</p> <p>3. Фундаментальные основы патогенеза нейродегенеративных заболеваний;</p> <p>4. Разработка современных способов лечения и диагностики нейродегенеративных заболеваний.</p>	
			<p>Кафедра гистологии, цитологии и эмбриологии - Чельшев Юрий Александрович, профессор, доктор медицинских наук</p>	<p>Осуществляются исследования по выяснению молекулярных и клеточных механизмов регуляции выживания и регенерации нейральных клеток при травме и нейродегенеративных заболеваниях, в том числе при трансплантации генетически модифицированных клеток крови, глиальных клеток обонятельных структур, микроглия-подобных, шванновских и эктомезенхимных стволовых клеток. Разработана генно-клеточная терапия травматического повреждения спинного мозга</p>	<p>chelyshev-kzn@yandex.ru</p>
42.	Физико-технический институт имени А.Ф.	– Переход к производствам следующего	Сектор численного	<p>Одним из научных направлений исследований является нейрофизика, в</p>	<p>anton.chizhov@mail.ioffe.ru</p>

	Иоффе	<p>поколения;</p> <p>– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения</p>	<p>моделирования</p> <p>Отделения физики плазмы, атомной физики и астрофизики – Чижов Антон Вадимович, к.ф.-м.н.</p>	<p>рамках которой изучаются:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. динамика единичных нейронов;</li> <li>2. динамика нейрональной популяции;</li> <li>3. техника динамического клампа.</li> </ol> <p>Разработанные в Delphi компьютерные программы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. «Brain» – реализует модель корковой ткани распределенной в 2-d пространстве, на кольце или пространственно-однородную (0-d) с изотропной и специальной (pinwheels, patchy connections) архитектурой связей; решает обратную задачу подбора коэффициентов по экспериментальным данным</li> <li>2. «Hodgkin» - программа реализации и анализа одно- и двух-компарментовых моделей нейронов типа Ходжкина-Хаксли (9 модификаций) и пороговых и нейронов с белым или цветным шумом и без него. Вычисляет частотно-токовые зависимости, характеристики на плоскости двух управляющих параметров, аппроксимирует динамический порог,</li> </ol>	
--	-------	---	--	---	--

				<p>решает обратную задачу поиска аппроксимаций потенциал-зависимых ионных каналов типа Ходжкина-Хаксли; реализует моделирование Монте-Карло популяции нейронов, как несвязанных, так и связанных все-со-всеми.</p> <p>3. «Artificial Slice» – частный случай модели, реализованной в «Brain», для имитирования экспериментальных измерений методом patch-clamp с интерпретацией в физиологических терминах форм фармакологической блокады и режимов current-clamp и voltage-clamp.</p> <p>4. «Conductance-Based Refractory Density Approach For One Population» - частный случай модели, реализованной в «Brain» для одной популяции, использующий эйлерово описание движения нейронов в одномерном фазовом пространстве.</p> <p>5. «Video prosthesis» – реализует простой алгоритм кодирования в реальном времени изображения web-камеры в</p>	
--	--	--	--	---	--

				<p>стерео-звук</p> <p>6. «Dynamic Clamp» – реализация методики связи нейрона с математической моделью в реальном времени. Язык – Delphi, операционная система – Windows, карта оцифровки – National Instruments.</p>	
43.	Институт машиноведения РАН	– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения	Лаборатория «Управление сложными системами» - Осадчий Алексей Евгеньевич, PhD	Исследование возможности использования аппарата теории управления в задачах нейророботной связи, обратная задача в ЭЭГ и МЭГ, обнаружение взаимодействия участков коры головного мозга на основе неинвазивных измерений в патологии и норме, мозг-компьютер интерфейс.	Тел. 8(812)3214766 alf@control.ipme.ru
44.	Московский физико-технический институт	– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения	Лаборатория стволовых клеток мозга – Ениколопов Григорий Николаевич,	Лаборатория на базе факультета нано-, био-, информационных и когнитивных технологий МФТИ занимается разработкой новых подходов к изучению стволовых клеток взрослого организма и их участия в сложных формах поведения.	
45.	Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН	– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС; – Возрастающий спрос на продолжительность и	Годухин Олег Викторович, доктор биологических наук, профессор	Основные направления научной деятельности: 1. Ультраструктурные механизмы функционирования нейронов и синапсов и их нарушений, приводящих к болезням	Тел. 8(4967)330417 godukhin@iteb.ru

		качество жизни населения		<p>движения.</p> <p>2. Межнейронные взаимодействия в септо-гиппокампальной системе в норме и при нейродегенеративных патологиях.</p> <p>3. Осцилляторная активность в различных диапазонах частот как основа функциональных межструктурных взаимодействий в мозге. Норма и патология.</p> <p>4. Активация гомеостатических систем мозга как новый подход для предотвращения развития нейродегенеративных заболеваний на моделях височной эпилепсии и болезни Альцгеймера.</p> <p>5. Морфо-функциональное изучение нейротрансплантатов гиппокампа и септума с целью компенсации нарушенных функций мозга.</p>	
46.	Казанский институт биохимии и биофизики РАН	– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС	Лаборатория биофизики синаптических процессов – Никольский	<p>Направление исследований:</p> <p>1. Исследование механизмов некантового освобождения ацетилхолина;</p> <p>2. Исследование механизмов действия нового класса ингибиторов</p>	Тел. 8(843)2319008, 8(843)2927647 eenik1947@mail.ru

			Евгений Евгеньевич, д.м.н., профессор, академик РАН	ацетилхолинэстеразы; 3. Исследование роли кинетики секреции нейромедиатора в обеспечении надежности синаптической передачи; 4. Исследование молекулярных механизмов эндогенной регуляции выделения медиатора из нервного окончания; 5. Исследование механизмов блокирования рецепторно-канального комплекса постсинаптической мембраны.	
47.	Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН	– Переход к производствам следующего поколения	Варфоломеев Сергей Дмитриевич, член-корр. РАН, профессор, Руководитель отдела Биокатализа и физической химии биопроцессов	Научные направления института: 1. Изучение кинетики и молекулярных механизмов химических и биохимических реакций, разработка кинетических моделей сложных биохимических процессов. 2. Исследование химических основ биологического катализа и каталитических процессов в молекулярно-организованных системах. 3. Исследование химии свободно- радикальных процессов в биосистемах. 4. Исследование структур и функций биомакромолекул и физиологически	sdvarf@sky.chp h.ras.ru



				<p>активных соединений современными физическими методами; квантово-химическое изучение молекул, надмолекулярных структур, процессов с участием биомакромолекул, информационные технологии в химии и биологии.</p> <p>5. Исследование количественных основ физических и химических процессов в биополимерах, полимерных композитах, наноматериалах.</p> <p>6. Исследования в области химической физики сенсорных и нейрхимических систем.</p>	
48.	<p>Институт эволюционной физиологии и биохимии имени И.М. Сеченова РАН</p>	<p>– Вызовы глобального демографического перехода;</p> <p>– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС</p>	<p>Веселкин Николай Петрович, чл.-корр. РАН, директор Института</p>	<p>Одними из направлений научной деятельности Института являются изучение:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. нейрофизиологии ребенка;</li> <li>2. функциональной асимметрии мозга человека;</li> <li>3. интегративных функций мозга;</li> <li>4. развития нервной деятельности животных в онтогенезе;</li> <li>5. сравнительной физиологии</li> </ol>	

				<p>мозжечка;</p> <p>6. эволюции межнейронного взаимодействия;</p> <p>7. сравнительной сомнологии и нейроэндокринологии;</p> <p>8. сравнительной физиологии сенсорных систем;</p> <p>9. сравнительной нейрохимии.</p>	
49.	Институт биологии гена РАН	– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС	Группа Нейрогенетики и генетики развития - Павлова Галина Валериевна, д.б.н., профессор	<p>Целью работ группы является поиск и изучение эволюционно консервативных систем, управляющих нейрогенезом. Задачей является анализ их роли в регуляции нейрогенеза и выявление общих для различных животных принципов регуляции нейрогенеза и форм патологии, обусловленных нарушением этой регуляции.</p> <p>Основное направление исследований:</p> <p>1. Влияние транскрипционных нейротрофических факторов на развитие нейральной ткани.</p> <p>2. Влияние гиперэкспрессии нейротрофических факторов на снижение образования глиального рубца при</p>	lkorochkin@mail.ru

				<p>ксенотрансплантациях.</p> <p>3. Использование промотора гена белка теплового шока дрозофилы hsp70, в качестве регуляторного элемента при введении чужеродных генов в клетки млекопитающих.</p> <p>4. Получение культуры клеток дрозофилы, экспрессирующей нейротрофический фактор млекопитающих.</p> <p>5. Изучение влияния трансплантации мезенхималных стволовых клеток и обкладочных клеток обонятельного эпителия на посттравматические явления в сетчатки кролика.</p> <p>6. Управление нейральной дифференцировкой стромальных клеток жировой ткани.</p> <p>7. Исследование индивидуальной изменчивости геномной ДНК в культурах прогениторных клеток.</p> <p>8. Изучение влияния нейропептида семакса на пролиферативную активность в переднем мозге крысы.</p>	
--	--	--	--	---	--

				9. Функции гена Sip 1 в развитии коры головного мозга.	
50.	Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта	<p>– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС;</p> <p>– Вызовы глобального демографического перехода</p>	Лаборатория геномных и протеомных исследований – Патрушев М.В., к.б.н., Касымов В.А., к.б.н.	<p>Проводятся исследования в области выявления функциональных различий астроцитов, полученных из различных регионов головного мозга, что позволит внести вклад в понимание основополагающих принципов организации и функционирования мозга, понимание механизмов, лежащих в основе ишемии/реперфузии, и как следствие возможность в будущем развить новые методы лечения, защищающие мозг при инсульте и гипоксии.</p>	<p>maxpatrushev@gmail.com</p> <p>vit.kasymov@gmail.com</p>
51.	Институт математических проблем биологии РАН	<p>– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения;</p> <p>– Освоение экстремальных климатических зон;</p> <p>– Переход к производствам следующего поколения</p>	Лаборатория нейронных сетей - Казанович Яков Борисович, к.ф.-м.н.	<p>Основные результаты</p> <p>1. Разработаны математические модели кратковременной памяти, основанные на теории фазовых переходов. Новый математический аппарат – теория многокомпонентных взаимодействующих марковских процессов и полей – применен к анализу динамических режимов в стохастических нейронных сетях. Разработанная базовая модель нейронной</p>	<p>Тел. 8(4967)733713</p> <p>kazanovichyakov@gmail.com</p>

				<p>сети использовалась для моделирования низкочастотных колебаний в септуме, привыкания в гиппокампе, метастабильных состояний в новой коре.</p> <p>2. Исследованы условия возникновения колебаний нейронной активности и режимов синхронизации колебаний в осцилляторных нейронных сетях с различной архитектурой и с различными типами элементов (пейсмекерные нейроны Ходжкина-Хаксли и Хиндмарша-Роуза, импульсные пороговые нейроны, осцилляторы Вилсона-Коуэна, фазовые осцилляторы). Исследована устойчивость синхронизации для биологически обоснованных архитектур и параметров связей.</p> <p>3. Проведены модельные исследования свойств и роли осцилляторной активности в гиппокампе. Реализована модель рабочей памяти в гиппокампе, способная запоминать и ассоциативно воспроизводить последовательности событий. Изучены</p>	
--	--	--	--	--	--

				<p>паттерны пространственно временной активности в гиппокампе. Предложен новый механизм генерации тета-ритма в септо-гиппокампальной системе, основанный на взаимном торможении нейронов медиального септума и гиппокампа.</p> <p>4. Разработана модель автономного управления шестиногой ходьбой насекомого палочника, обеспечивающая воспроизведение различных видов походки и высокую устойчивость движения. При обучении ходьбе использовался вариант генетического алгоритма.</p> <p>5. Принцип синхронизации применен в ряде моделей формирования фокуса внимания и детекции новизны. Исследована динамика формирования фокуса внимания в зависимости от параметров системы. На этой основе построена комбинированная модель зрительного восприятия, сочетающая интеграцию признаков объектов, внимание</p>	
--	--	--	--	---	--

				<p>и детекцию новизны и способная последовательно фокусировать внимание на изолированных объектах зрительной сцены.</p> <p>6. Впервые реализована осцилляторная нейронная модель слежения за одним или многими движущимися объектами в среде, содержащей объекты дистракторы (объекты, отвлекающие внимание).</p> <p>7. Предложена концепция иерархической организации зрительного восприятия.</p> <p>8. Разработан ряд методов анализа нейрофизиологических данных.</p> <p>9. Предложен метод оценки параметров межнейронного взаимодействия по данным нейрофизиологического эксперимента. Разработаны принципы наглядной визуализации нейрофизиологических данных при многоканальном отведении.</p>	
52.	Институт прикладной математики им. М.В.	– Переход к производствам следующего		<p>Одним из основных направлений исследований является математическое</p>	

	<p>Келдыша Российской академии наук</p>	<p>поколения; – Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения</p>		<p>моделирование сложных явлений, в рамках которого исследуются моделирование сложных явлений:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. механики,</li> <li>2. процессов управления,</li> <li>3. механики сплошной среды и тепломассопереноса,</li> <li>4. аэродинамики и газовой динамики,</li> <li>5. гидродинамики,</li> <li>6. электродинамики и квантовой механики,</li> <li>7. вычислительной физики плазмы и управляемого термоядерного синтеза,</li> <li>8. биокибернетики,</li> <li>9. нейронных сетей,</li> <li>10. физики реакторов и защиты от проникающих излучений, астрофизики и физики планет,</li> <li>11. физических процессов и технологии производства полупроводниковых материалов,</li> <li>12. вычислительной диагностики и томографии,</li> <li>13. лазерных систем и оптических</li> </ol>	
--	---	--	--	---	--



				устройств, 14. экологии.	
53.	Институт проблем передачи информации имени А.А. Харкеича РАН	– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения; – Переход к производствам следующего поколения	Сектор «Моделирования интеллекта» - Лукашевич Ирина Павловна, д.ф.-м.н.	Основные направления исследований: 1. Разработка когнитивных технологий и их применение в медицине (разработаны структурно-организованные обучающе-диагностические системы в области электроэнцефалографии, нейропсихологии (для детей и взрослых отдельно), которые пользуются большим спросом у специалистов); 2. Моделирование мыслительных процессов (построена теоретическая модель ассоциативной памяти, позволяющая инвариантно к локальным преобразованиям базисов и найденным ранее законам устанавливать частичное соответствие картин входа и памяти, распознавать объекты входных картин и отдельные их части, строить инвариантное предсказание ближайших контрастных событий, при параллельной реализации выполнение указанных процессов обеспечивается в реальном времени)	Тел. 8(495)6993907 luk@iitp.ru

			<p>Сектор «Интеллектуальный анализ данных и моделирование» - Бурнаев Евгений Владимирович, к.ф.-м.н., доцент</p>	<p>Научная деятельность сектора осуществляется в рамках следующих основных направлений:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разработка методов интеллектуального анализа данных для предсказательного моделирования,</li> <li>2. Разработка алгоритмов построения суррогатных моделей и инженерной оптимизации на их основе,</li> <li>3. Анализ точности и вычислительной эффективности разработанных методов.</li> </ol> <p>На основе разработанных методов были созданы алгоритмы анализа данных и оптимизации, в том числе и для построения суррогатных моделей, использование которых позволило эффективно решить множество прикладных задач, в том числе: наискорейшее обнаружение неполадок и выявление аномалий в различных подсистемах пассажирского самолета на основе показаний соответствующих датчиков; прогнозирование энергозатратности маневров вертолета в</p>	<p>Тел. 8(495)7816088 burnaev@iitp.ru</p>
--	--	--	--	--	---

				зависимости от условий полета, типа маневра, скорости, распределения нагрузок, ускорения и т.п.	
			Лаборатория «Обработка сенсорной информации» - Веденина Варвара Юрьевна, к.б.н.	<p>К основным темам исследований лаборатории в настоящее время относятся:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. изучение информационных процессов в нервной системе человека и животных с целью построения адекватных моделей переработки информации нервной системе, реализованных в формировании целостного поведения;</li> <li>2. исследование и построение математических моделей работы отдельных узлов сенсорных информационных систем (периферический, центральный и сенсомоторный уровни обработки информации);</li> <li>3. анализ решений схожих задач в живых и технических информационных системах с целью усовершенствования последних;</li> <li>4. разработка и внедрение диагностических методов и приборов для</li> </ol>	<p>Тел. 8(495)6941477 vedenin@iitp.ru</p>

			медицины и геологии.	
		Лаборатория «Нейробиология моторного контроля» - Левик Юрий Сергеевич, д.б.н.	Изучение роли внутренней модели тела и внешнего окружения в поддержании равновесия. Практическое значение этих работ связано с тем, что нарушения позы и движений характерны для многих неврологических заболеваний, заболеваний мышц и суставов, последствий травм спинного и головного мозга. Поэтому исследования механизмов управления движениями у человека важны с точки зрения диагностики этих заболеваний и разработки методов реабилитации и объективного контроля за ее ходом.	Тел. 8(495)6502895 YuriLevik@yandex.ru
		Лаборатория «Изучение информационных процессов на клеточном и молекулярном уровнях» - Панчин Юрий Валентинович,	Общей темой исследований лаборатории является анализ информационных процессов в клеточных системах и в моторном управлении. Главными направлениями теоретико-экспериментальных работ в этих рамках служат: 1. биология развития (анализ принципов реализации генетической	panchin@iitp.ru

			д.б.н.	информации в раз-вивающихся системах), 2. нейробиология (нейронная коммуникация и биохимическая модуляция в нервных центрах), моторное управление (изучение геометрии манипулятивного пространства и управление целенаправленными движениями): от биоинформатики и молекулярной биологии к физиологии и компьютерному моделированию и возможным применением в медицине.	
54.	Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН	– Переход к производствам следующего поколения; – Освоение экстремальных климатических зон	Ковальчук Михаил Валентинович, член-корреспондент РАН, профессор	Основные научные направления, в рамках которых в Институте ведется исследовательская деятельность: 1. Нано- и биоорганические материалы: получение, синтез, структура и свойства, методы диагностики с использованием рентгеновского и синхротронного излучения, электронов, нейтронов и атомно-силовой микроскопии: – Развитие методов диагностики неорганических, органических и биоорганических материалов с использованием рентгеновского и	Тел. 8(499)1356311 office@crys.ras.ru koval@ns.crys.ras.ru

				<p>синхротронного излучений, электронов и нейтронов;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Создание, изучение структуры и свойств органических и биоорганических материалов;</li> <li>– Создание, изучение структуры и свойств наноматериалов с использованием электронов и атомно-силовой микроскопии;</li> <li>– Ядерно-резонансные и синхротронные методы исследования и диагностики кристаллических материалов и магнитных наноструктур, в том числе в экстремальных условиях высоких давлений и низких температур;</li> </ul> <p>2. Фундаментальные аспекты образования кристаллических материалов и наносистем, их реальная структура и свойства:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Теоретическое моделирование структуры и свойств неорганических, органических и биологических материалов;</li> <li>– Исследования процессов</li> </ul>
--	--	--	--	---

				образования кристаллических материалов, их дефектной структуры и свойств, в том числе под влиянием внешних воздействий; 3. Новые кристаллические и функциональные материалы.	
55.	Российский НИИ искусственного интеллекта	– Переход к производствам следующего поколения; – Замедление роста производительности труда	Нариньяни Александр Семёнович, Генеральный директор, академик РАН	Разрабатываемые проекты: 1. ALEX (Технология обработки текстов на основе высокоуровневых (иерархических) лексических шаблонов и объектно-ориентированных правил любой сложности); 2. AURA™ (автоматическое понимание коротких текстов на естественном языке в ограниченной предметной области); 3. InBASE™ (технология естественно-языковых интерфейсов к коммерческим СУБД); 4. FinPlan™ (применение аппарата недоопределенных вычислений для финансового планирования и расчетов); 5. InDOC (автоматическая обработка массивов документов); 6. SemP-T® (интегрированная	narin@aha.ru

				<p>технология сложных систем обработки знаний);</p> <p>7. Time-EX<sup>®</sup> (система гибкого календарного планирования на основе недоопределенной математики и развитой временной логики);</p> <p>8. UniCalc<sup>®</sup> (интеллектуальный решатель алгебро-дифференциальных задач на основе недоопределенной математики);</p> <p>9. Экономика (разработки макроэкономических моделей и бюджета страны, региона, отрасли, корпорации на основе аппарата недоопределенных вычислений).</p>	
56.	Институт программных систем имени А.К. Айламазяна РАН	– Переход к производствам следующего поколения	Исследовательский центр искусственного интеллекта (ИЦИИ) – Куршев Евгений Петрович, к.т.н.	ИЦИИ занимается исследованиями и разработкой интеллектуальных программных систем — систем, способных осуществлять автономную рациональную деятельность, обучаться и адаптироваться, планировать и прогнозировать, рассуждать и делать выводы, взаимодействовать на естественном языке и осуществлять	Тел. 8(4852)695228 доб. 130 airec@botik.ru



				<p>визуальное восприятие.</p> <p>В настоящее время центр специализируется на следующих направлениях:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. анализ и обработка текстов на естественном языке, информационный поиск и структуризация информации,</li> <li>2. представление знаний и проектирование онтологий,</li> <li>3. машинное обучение.</li> </ol>	
57.	Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Переход к производствам следующего поколения;</li> <li>– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения;</li> <li>– Замедление роста производительности труда</li> </ul>	Отдел проблем искусственного интеллекта – Пospelов Дмитрий	<p>Одним из направлений научных и прикладных исследований Вычислительного центра РАН являются разработки в области искусственного интеллекта, экспертных систем, прикладных интеллектуальных систем.</p>	<p>Тел. 80951356193  pospelov@ccas.ru</p>
58.	Институт проблем информатики РАН	– Переход к производствам следующего поколения	Лаборатория компьютерной лингвистики и когнитивных технологий обработки тестов	<p>Главным направлением научных исследований лаборатории является создание современных интегральных семантических представлений (ИСП) для систем аналитической обработки текстовых знаний и машинного перевода.</p>	<p>Тел. 8(495)6711951  kozarenko@mail.ru</p>

			– Козеренко Елена Борисовна, к.филол.н.	Инженерно-лингвистические решения, разработанные сотрудниками лаборатории, успешно применяются в конкретных инновационных и промышленных проектах для различных предметных областей. Наши исследования и разработки: 1. извлечение знаний из текстов; 2. интеллектуальные системы на основе баз знаний; 3. инструментальная среда ДЕКЛ; 4. энциклопедия ключевых слов KEYWEN; 5. лингвистические модели; 6. многоязычные системы и машинный перевод.	
59.	Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН	– Переход к производствам следующего поколения; – Освоение экстремальных климатических зон	Стемпковский Александр Леонидович, доктор технических наук, профессор, академик РАН	Основные направления научной деятельности ИППМ РАН: 1. Системы автоматизации, математические модели и методы исследования сложных систем и процессов в микро- и нанoeлектронике. 2. Теоретические исследования фундаментальных проблем построения	Тел. 8(499)7299890, 8(499)7299323

				<p>систем автоматизации проектирования интегральных схем высокой сложности.</p> <p>3. Теоретические и прикладные исследования методов и алгоритмов структурного синтеза, анализа и оптимизации сложных микро- и наноэлектронных систем.</p> <p>4. Исследование и разработка методологий проектирования интегральных схем высокой сложности.</p> <p>5. Исследование и разработка высокопроизводительных микроэлектронных вычислительных систем.</p> <p>6. Проектирование перспективных устройств и интегральных схем микро- и наноэлектроники.</p>	
60.	<p>Научно-исследовательский институт системных исследований РАН</p>	<p>– Переход к производствам следующего поколения;</p> <p>– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения</p>	<p>Центр оптико-нейронных технологий – Крыжановский Борис Владимирович, чл.-корр.</p>	<p>Проекты Центра:</p> <p>1. Схемы и модели формирования интеллектуального адаптивного поведения.</p> <p>2. Разработка средств моделирования мультиагентных интеллектуальных интернет-систем.</p>	<p>Тел. 8(499)1351351 iont.niisi@gmail.com</p>

				<p>3. Информационно-коммуникационное обеспечение теоретических и экспериментальных исследований по созданию компьютерно-синтезированных голограмм в ближней зоне дифракции.</p> <p>4. Разработка технологий распознавания образов и фрагментной привязки по цифровым полям на основе методов иерархической структуризации и схем быстрого поиска.</p> <p>5. Модели интеллектуального адаптивного поведения автономных агентов, обладающих когнитивными свойствами.</p> <p>6. Модели интеллектуального адаптивного поведения на базе нейросетевых и эволюционных методов.</p> <p>7. Архитектуры и модели автономных когнитивных систем.</p>	
61.	Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН	<p>– Переход к производствам следующего поколения;</p> <p>– Возрастающий спрос на продолжительность и</p>	Марчук Александр Гурьевич, д.ф.-м.н., профессор	<p>Основные направления деятельности:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. теоретическое программирование;</li> <li>2. теория параллельных процессов;</li> <li>3. САПР и А СБИС;</li> <li>4. искусственный интеллект;</li> </ol>	Тел. 8 (383)3308652 mag@iis.nsk.su

		качество жизни населения		<p>5. смешанные вычисления;</p> <p>6. системное программирование;</p> <p>7. конструирование и оптимизация программ;</p> <p>8. переносимые системы программирования;</p> <p>9. моделирование сложных систем.</p>	
62.	Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН	<p>– Переход к производствам следующего поколения;</p> <p>– Освоение экстремальных климатических зон</p>	Музафаров Азиз Мансурович, Академик РАН	<p>Тематика исследований ИНЭОС РАН:</p> <p>1. Разработка методов направленного синтеза металлоорганических, элементоорганических, координационных и оптически активных соединений с целью создания веществ, полупродуктов и материалов с заданными свойствами для нужд высокотехнологичных областей промышленности, биотехнологии, медицины и сельского хозяйства в соответствии с требованиями по безопасности, экологии и энергосбережению («Зеленая химия», «Экономия атомов»).</p> <p>2. Синтез, исследование структуры и свойств элементоорганических и металлсодержащих полимеров.</p>	Тел. 8(499)1356166, aziz@ineos.ac.ru

				<p>Интеллектуальные и функциональные полимеры и многокомпонентные полимерные системы для высоких технологий, в том числе водородной энергетики, космической и специальной техники. Теория и математическое моделирование.</p> <p>3. Металлоорганические и элементоорганические соединения в асимметрическом синтезе и катализе.</p> <p>4. Разработка новых подходов к формированию наночастиц и нанокомпозитов в жидких и конденсированных средах.</p> <p>5. Направленный синтез биологически активных органических, элементоорганических и высокомолекулярных соединений для нужд медицины, ветеринарии и агрохимии.</p>	
63.	Национальный исследовательский университет «МИЭТ»	<p>– Переход к производствам следующего поколения;</p> <p>– Освоение</p>	<p>Чаплыгин Юрий Александрович, Член-корреспондент</p>	<p>Результаты научно-технической деятельности:</p> <p>1. Разработка методов анализа низкочастотных характеристик</p>	<p>Тел. 8(499)7312736 r@miee.ru</p>

		экстремальных климатических зон	РАН, д.т.н., профессор	<p>многокомпонентных текстурированных поликристаллических геоматериалов для интерпретации данных ультразвуковой и диэлектрической спектроскопии и микромеханических моделей очага землетрясения;</p> <p>2. Разработка электрофизических методов исследования биологически опасных химических соединений на основе нанопроводных сенсорных элементов;</p> <p>3. Исследование и разработка энергоэффективных микроэлектронных цифровых устройств на основе принципа регенерации избыточной энергии;</p> <p>4. Разработка научно-технических основ создания функциональных кантилеверов для исследования магнитных наноматериалов методами сканирующей зондовой микроскопии;</p> <p>5. Разработка физико-химических принципов формирования наноразмерных алмазоподобных покрытий на основе структурной модификации</p>	
--	--	---------------------------------	------------------------	---	--

				<p>некристаллических пленок углерода для функциональных элементов электроники;</p> <p>6. Разработка роботизированной системы повышения проходимости с применением микросистемной техники;</p> <p>7. Разработка конструкции и технологии изготовления термостимулированного микроактюатора на основе биморфной структуры Al/SiO<sub>2</sub>;</p> <p>8. Исследование механизмов температурной неустойчивости и разработка специализированных интегральных схем высокоточной термостабилизации для сканирующего зондового микроскопа;</p> <p>9. Разработка новых методов наносварки биологических тканей с использованием лазерного излучения в рамках сотрудничества между малым инновационным предприятием и национальным исследовательским университетом.</p>	
64.	ФГУП Научно-исследовательский	– Переход к производствам следующего	Гудков Александр Львович -	В настоящее время институт занимает ведущие позиции в России по разработке и	Тел. 84997311306



	институт Физических проблем им. Ф.В. Лукина	поколения; – Освоение экстремальных климатических зон	директор, к.ф.-м.н.	созданию основ новых процессов высокой технологии в микро- наноэлектронике, микромеханике, сверхпроводниковой электронике. Основная направленность работ - разработка и создание элементной компонентной базы в области наноэлектроники и микромеханики, сверхпроводимости, подготовка нового уровня научно-аналитической и технологической базы для наноэлектроники на базе использования синхротронного излучения.	admin@niifp.ru
65.	Институт спектроскопии РАН	– Переход к производствам следующего поколения; – Освоение экстремальных климатических зон	Виноградов Евгений Андреевич, член-корреспондент РАН, профессор д.ф.-м.н.	Основные направления научных исследований Института: 1. Спектроскопия атомов, ионов, молекул, кластеров, объема и поверхности конденсированных сред и разработка новых методов спектроскопии, оптика ближнего поля, нанооптика. 2. Лазерная спектроскопия с активным воздействием света на вещество и ее применение для разделения изотопов, охлаждения атомов, модификации окружения молекул в матрицах, в	Тел. 8(495)8510579 isan@isan.troitsk.ru evinogr@isan.troitsk.ru

				<p>фотохимии, фотобиологии, аналитической химии и др. областях.</p> <p>3. Аналитическая спектроскопия и ее применения в технологическом контроле, экологическом мониторинге, системах жизнеобеспечения человека, в изучении природных и техногенных катастроф и др. областях.</p> <p>4. Разработка и создание уникальных приборов, спектральной аппаратуры, аналитических приборов, лазеров, систем регистрации, методик и метрики измерений для обеспечения главных направлений фундаментальных исследований и практических применений.</p>	
66.	Государственный научный центр России «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт	– Переход к производствам следующего поколения; – Освоение экстремальных климатических зон		<p>Научно-технические направления:</p> <p>1. Робототехника и роботостроение (разработка прогнозов развития мировой и отечественной робототехники и определение перспективных направлений работы; исследование принципов конструирования и разработка конструкции узлов; разработка приводов и электронных узлов робототехнических</p>	Тел. 8(812)5520110

	<p>робототехники и технической кибернетики»</p>			<p>систем различного назначения; исследование принципов построения систем управления робототехнических систем; расчеты и компьютерное моделирование);</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Космическая робототехника;</li> <li>3. Космическое приборостроение;</li> <li>4. Математическое и программное обеспечение информационно-управляющих устройств (разработка алгоритмического и программно – математического обеспечения робототехнических систем; разработка алгоритмического и программно – математического обеспечения фотонных систем; разработка специализированного программного обеспечения для систем технического зрения; математическое моделирование робототехнических и фотонных систем; разработка автоматизированных систем научных исследований; разработка алгоритмов обработки информации сенсорных систем и комплексов; исследование и разработка</li> </ol>	
--	---	--	--	--	--

				<p>систем управления техническими объектами; разработка специализированного программного обеспечения для автоматизированных средств обучения и тренажеров);</p> <p>5. Информационно-измерительные системы (исследование и разработка принципов расчета, конструирования и функционирования информационноизмерительных систем; комплексирование информационноизмерительных систем, решающих смежные задачи; создание широкодиапазонной и прецизионной измерительной аппаратуры, работающей в экстремальных условиях эксплуатации; разработка методов измерения контролируемых параметров и методик испытаний; разработка алгоритмов и методик выполнения измерений; математическое моделирование процессов переноса и регистрации ионизирующих излучений: расчет полей ионизирующих излучений, расчет функции отклика</p>	
--	--	--	--	--	--

				детекторов; планирование размещения измерительной аппаратуры на различных носителях: бронемашины, летательные аппараты, полевые лаборатории и т.п.); 6. Лазерные, оптоэлектронные и мехатронные системы.	
67.	Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН	– Переход к производствам следующего поколения; – Освоение экстремальных климатических зон	Черноусько Феликс Леонидович, академик, д.ф.-м.н.	Основные направления научной деятельности: 1. Общая механика, динамика космических тел и управляемых аппаратов; 2. Теория и методы управления динамическими системами; 3. Создание и функционирование макро- и микроробототехнических, мехатронных комплексов; 4. Механика жидкости, газа и плазмы; механика горения и взрыва; 5. Физическая механика газовых разрядов и лазерных технологий; 6. Механика твердого тела, физика и механика деформирования и разрушения; механика композиционных и наноматериалов; трибология;	Тел. 8(495)4343483

				<p>7. Механика природных процессов и сред; геомеханика;</p> <p>8. Математические вычислительные проблемы механики и физики.</p>	
68.	НИИ Молекулярной биологии и биофизики СО РАМН	<p>– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения;</p> <p>– Высокий уровень заболеваемости, включая болезни ЦНС;</p> <p>– Вызовы глобального демографического перехода</p>	<p>Лаборатория компьютерных систем биоуправления – к.ф.-м.н., доцент О.А. Джафарова</p>	<p>Биоуправление – современная компьютерная лечебно-оздоровительная технология, базирующаяся на принципах адаптивной («биологической», приспособительной) обратной связи – БОС. Основной задачей биоуправления является обучение навыкам саморегуляции, обратная связь облегчает процесс обучения физиологическому контролю, а оборудование делает доступной информацию, в обычных условиях не воспринимаемую.</p>	<p>biosystems@so ramn.ru</p>
69.	Компания «НейроПроект»	<p>– Замедление роста производительности труда;</p> <p>– Переход к производствам следующего поколения</p>		<p>Компания занимается исследованиями в области наукоемких технологий анализа данных. Продукты Компании:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. NeuroShell 2 – это универсальный пакет, предназначенный для нейросетевого анализа данных.</li> <li>2. GeneHunter – пакет для решения задач оптимизации с помощью</li> </ol>	<p>Тел. 8(916)1005055 support@neuro project.ru</p>

				<p>генетических алгоритмов.</p> <p>3. NeuroShell Predictor включает два алгоритма прогнозирования – один представляет собой эффективную нейронную сеть, а другой – статистический предиктор, обучаемый генетическим методом.</p> <p>4. NeuroShell Classifier аналог NeuroShell Predictor.</p> <p>5. NeuroShell Run-Time Server дает возможность использовать нейронные сети, созданные с помощью NeuroShell Predictor или NeuroShell Classifier, в других программах.</p>	
70.	Компания «Нейроботикс»	<p>– Переход к производствам следующего поколения;</p> <p>– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения</p>		<p>Компания занимается разработкой систем для исследования физиологии человека и животных, исследование мозга с использованием нейросетевых алгоритмов и других методов искусственного интеллекта направлены на развитие робототехники (нейро-компьютерного интерфейса, анализа и генерации эмоциональной речи, машинного зрения), в рамках чего уже создан антропоморфный</p>	<p>Тел. 8(495)7425086 info@neurobotics.ru</p>

				робот.	
71.	ООО «Инновационные Технологии (ИнноваТех)»	– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения		Компания ООО «Инновационные Технологии (ИнноваТех)» занимается на основе технологии интерфейсов мозг-компьютер (ИМК) разработкой и созданием компьютерных игр, управляемых сигналами головного мозга.	
72.	ООО «Нейроджи-Нейроинформатика»	– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения	Александр Жаворонков и Михаил Бахнян	Разрабатывают и развивают два продукта: основанную на ЭЭГ персонализированную поисковую платформу и образовательную платформу для студентов, для выполнения расширенных ЭЭГ экспериментов у себя дома или в школе.	
73.	Компания «Наносемантика»	– Замедление роста производительности труда; – Переход к производствам следующего поколения		Лидер российского рынка технологий искусственного интеллекта, нацеленных на решение бизнес-задач. Компания с 2005 года занимается разработкой Инфов» – виртуальных собеседников, управляемых искусственным интеллектом. «Наносемантика» развивает технологии и онлайн-сервисы, в основе которых лежит прямой диалог машины с пользователем.	Тел. 8(495)2582810 hello@nanosemantics.ru

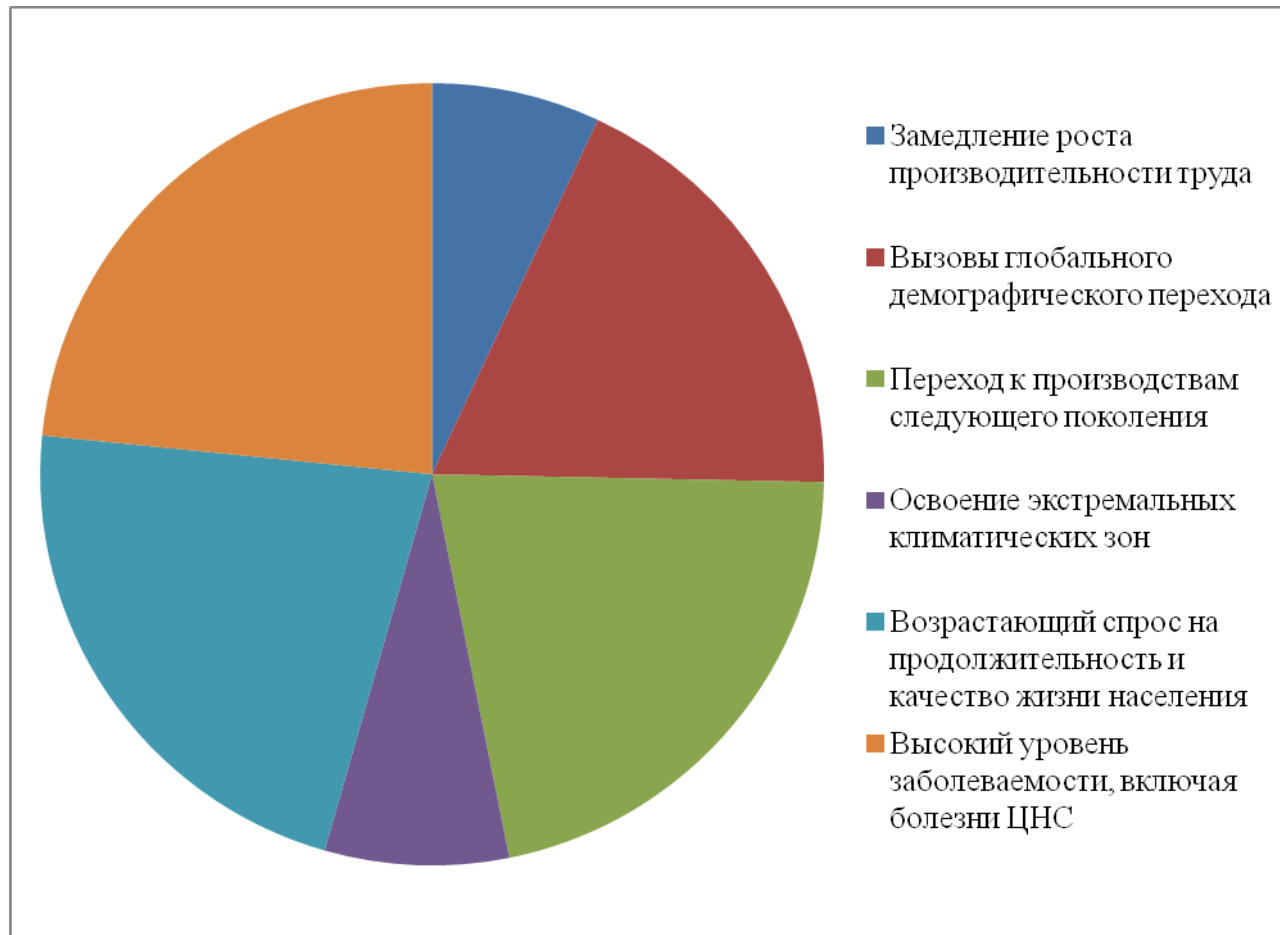


74.	Яндекс	<p>– Замедление роста производительности труда;</p> <p>– Переход к производствам следующего поколения</p>		<p>Разработка и создание сервисов, применяющих сложные, уникальные, трудно воспроизводимые технологии, в том числе:</p> <p>машинное обучение — для ранжирования в поиске, показа рекламы, машинного перевода;</p> <p>технология распознавания речи;</p> <p>технология извлечения фактов отмечает для пользователей Почты некоторые письма;</p> <p>компьютерное зрение – для поиска похожих изображений;</p> <p>машинный перевод.</p> <p>Разработан новый метод машинного обучения — Матрикснет: он устойчив к переобучению, что позволяет учитывать очень много факторов ранжирования — и при этом не увеличивать количество оценок ассессоров и не опасаться, что машина найдет несуществующие закономерности.</p>	yandex.ru
75.	Рамблер	<p>– Замедление роста производительности труда;</p>	Дмитрий Крюков	Разработка поисковой системы	rambler.ru

		– Переход к производствам следующего поколения			
76.	Нигма.РФ	– Замедление роста производительности труда; – Переход к производствам следующего поколения	Виктор Лавренко, Владимир Чернышов	Разработка поисковой системы	nigma.ru
77.	Балакам	– Замедление роста производительности труда; – Переход к производствам следующего поколения	Владимир Владимирович Крылов	Основным проектом компании является разработка нишевой поисковой системы, осуществляющей поиск источников медиа контента, трансляция которого происходит в прямом эфире в сети Интернет.	www.balakam.com
78.	ООО «Новые Программные Системы»	– Возрастающий спрос на продолжительность и качество жизни населения		Научный опыт: 1. Биоинформатика: обработка данных секвенирования нового поколения, анализ микрочиповых данных, анализ и классификация промоторов, предсказание сайтов связывания транскрипционных факторов (ТФ), анализ данных микроРНК и некодирующих РНК, предсказание пространственной структуры РНК и белков, моделирование генных сетей и передачи сигналов в клетке.	Тел. 8(383)3321676 novprog@nprog.ru

				<p>2. Обработка данных и статистический анализ: распознавание образов, распознавание одномерных и многомерных сигналов в биологических данных.</p> <p>3. Искусственный интеллект: генетический алгоритм, нейронные сети, нечеткая логика, моделирование нейронной и мышечной систем.</p>	
79.	ОАО НПО «Андроидная техника»	<p>– Замедление роста производительности труда;</p> <p>– Переход к производствам следующего поколения;</p> <p>– Освоение экстремальных климатических зон</p>		<p>Инновационная компания, занимающаяся разработкой и производством человекоподобной робототехники. Приоритетные направления деятельности НПО «Андроидная Техника»:</p> <p>1. разработка, производство и продвижение человекоподобной робототехники на российский и международный рынки;</p> <p>2. разработка и производство робототехнических систем для министерств и ведомств РФ;</p> <p>3. разработка программного обеспечения и систем управления РТС.</p>	<p>Тел. 8(495)2260299 info@rusandroid.com</p>

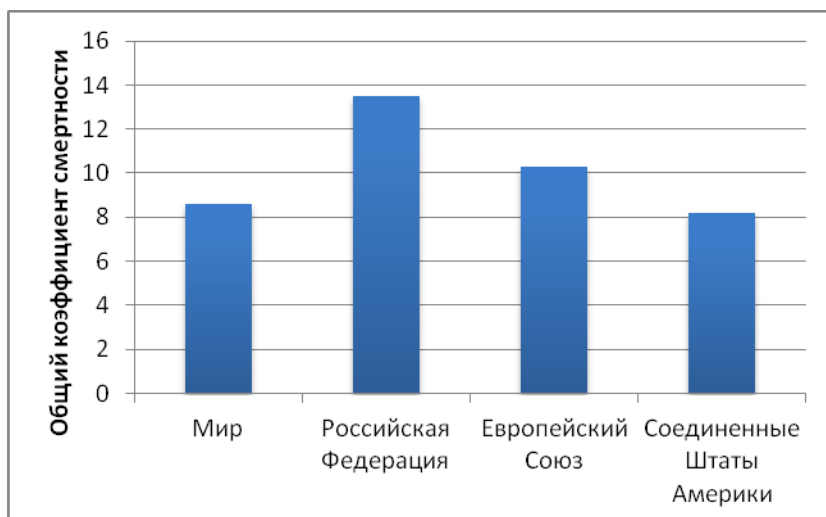
## Распределение глобальных вызовов по ведущим научные и коммерческие организации в области нейротехнологий



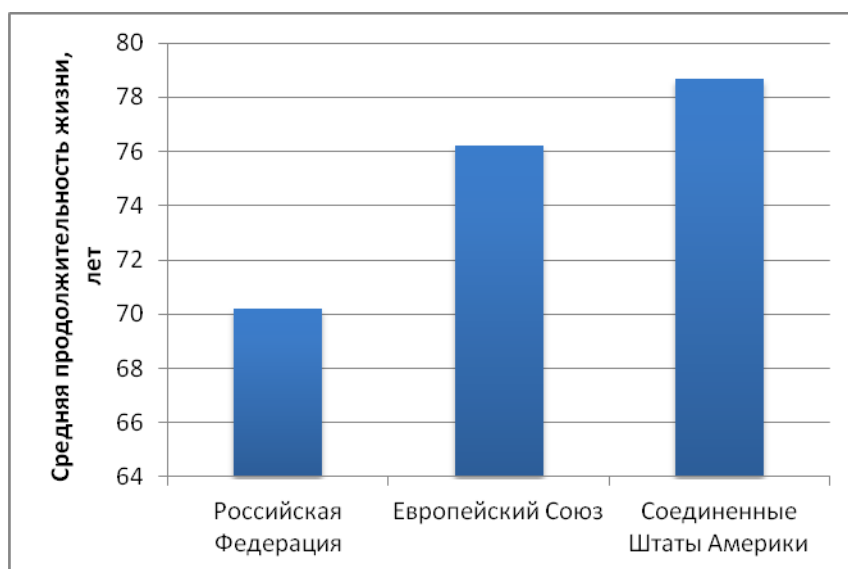
## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Статистические данные

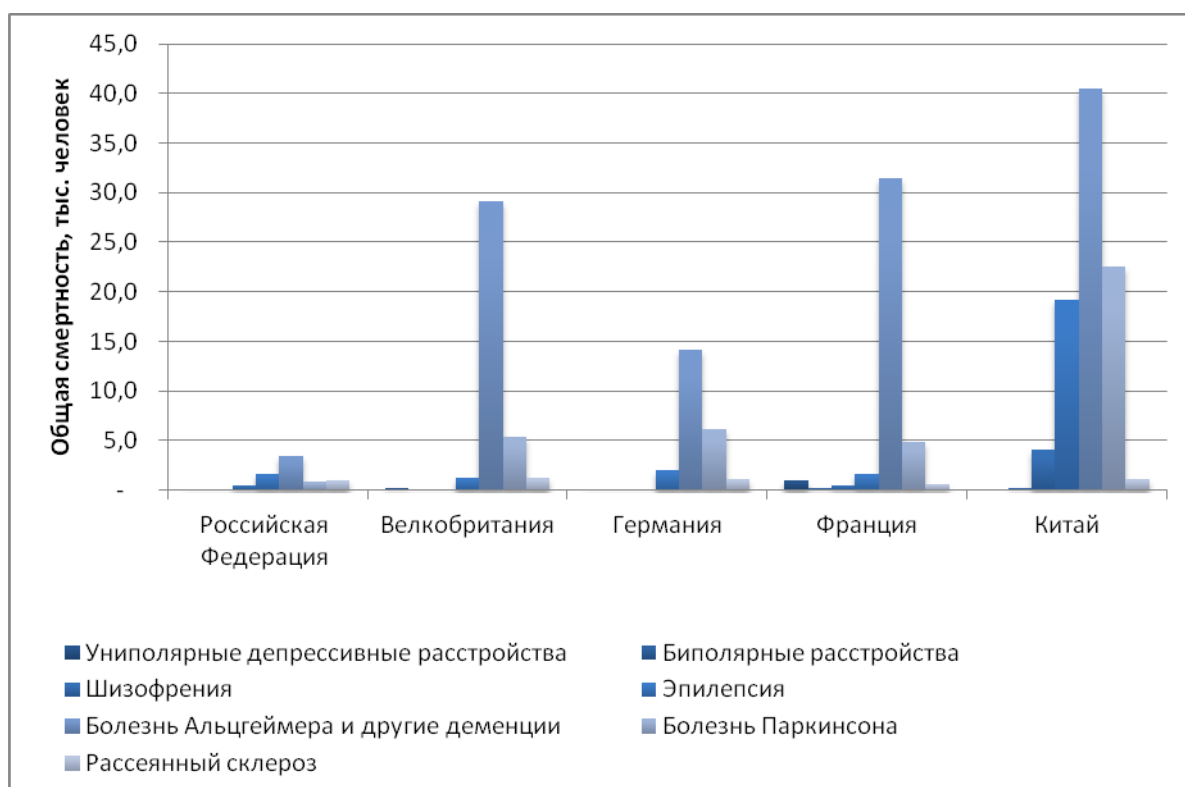
Общий коэффициент смертности (смертей на 1000 человек) [по данным ВОЗ]



Средняя продолжительность жизни (общая) [по данным ВОЗ]



Общая смертность вследствие нейродегенеративных и психических заболеваний [по данным ВОЗ за 2008 год]



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Анализ рынков продаж

#### *Рынок диагностических устройств и средств лечения острого ишемического инсульта*

Острый ишемический инсульт может быть определен как потеря функций определенных частей мозга вследствие нарушения кровоснабжения мозга. Обычно это происходит из-за блокировки артерий атеросклеротическими бляшками или кровяными сгустками, сужения сосудов питающих мозг. Технологические достижения в хирургии совместно с растущим числом случаев острого инсульта увеличивает глобальный спрос на развитие технологий лечения данного заболевания. Старение популяции, растущий спрос на минимально инвазивные процедуры и растущие затраты на здравоохранение также вызывают рост этого сегмента рынка. Однако, чрезмерное использование медикаментов для лечения острого инсульта препятствует росту мирового рынка хирургических технологий. Глобальный рынок диагностики и лечения острого инсульта в 2013 году оценен в 1,225 миллиарда долларов США и, по оценкам, будет увеличиваться на 6,3% в год с 2014 по 2020 годы, и составит 1,87 миллиарда долларов в 2020 году.

Глобальный рынок диагностики и лечения острого инсульта разделен на основе технологий для диагностики, таких как компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, ультразвуковые технологии, ангиография сосудов головного мозга. В 2013 году основным сегментом глобального рынка диагностики и лечения острого инсульта являлась компьютерная томография вследствие высокоэффективного детектирования, легкодоступности и большого спроса на рынке медицинских услуг. Более того, ожидается, что ежегодный рост рынка магнитно-резонансной томографии в период до 2020 года будет преобладать над всеми остальными рынками вследствие растущей популярности в диагностике и лечении.

Также, глобальный рынок диагностики и лечения острого инсульта делится на основе видов хирургических технологий: каротидная эндартерэктомия, ангиопластика и эндоваскулярная механическая тромбэктомия. В 2013 году каротидная эндартерэктомия занимала лидирующее положение на рынке хирургических технологий лечения острого инсульта и ожидается, что эта технология будет лидирующей по росту спроса на рынке услуг в период 2014 – 2020 годов вследствие высокой эффективности, доступности и быстроты.

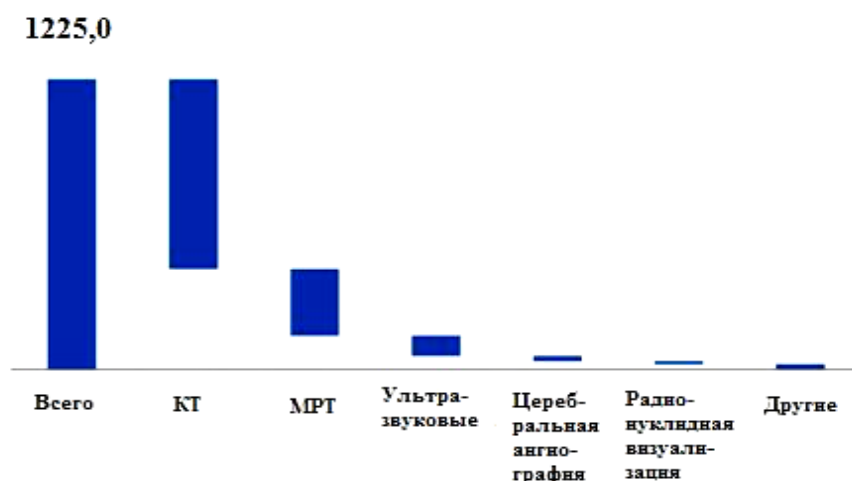
В 2013 году Северная Америка лидировала на рынке технологий диагностики и лечения острого инсульта и по прогнозам ожидается наиболее высокий рост на рынке этих технологий именно в этом регионе в период 2014 – 2020 годов. Рост рынка и технологий в диагностике и лечении острого инсульта является одним из приоритетных направлений выделенных правительством в странах северной Америки. Европейский рынок находился на втором месте в

2013 году и по темпам роста не уступает североамериканскому. Это связано со старением европейской популяции в Европейском союзе и увеличением числа сопутствующих заболеваний.

Азиатско-тихоокеанский рынок является многообещающим в плане роста потребления продуктов для диагностики и лечения острого инсульта в связи с увеличением числа случаев данного заболевания. Этот регион по прогнозам на 2014 – 2020 года будет на третьем месте на глобальном рынке. Производители продуктов для диагностики и лечения острого инсульта расширяют свое присутствие в странах Азии (Индия, Китай, Япония, Южная Корея) т.к. их экономика имеет значительный потенциал для роста в данном направлении. Как пример, компания Medtronic Inc в 2011 году основала исследовательский центр Shanghai innovation center в Китае. Это было сделано для дальнейшего продвижения на рынке этого региона.

Основными игроками на рынке в данном направлении являются следующие компании: Covidien plc, Johnson and Johnson, Stryker Corporation and Abbott Laboratories Covidien plc, Johnson and Johnson, Stryker Corporation, Abbott Laboratories, Hitachi Medical Corporation, GE healthcare, Penumbra, Inc. and Philips Healthcare [Acute Ischemic Stroke Diagnosis and Treatment Market (By Diagnostics Type - CT, MRI, Ultrasound, Cerebral Angiography, Nuclear Imaging and Others By Surgery Type - Carotid Endarterectomy, Angioplasty and Endovascular Mechanical Thrombectomy) - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2014 – 2020].

**Глобальный рынок диагностических устройств и средств лечения острого ишемического инсульта, по средствам диагностики, 2013 (в млн долларов США)**



### ***Рынок устройств глубокой стимуляции мозга***

Старение мировой популяции, увеличения числа страдающих от неврологических заболеваний, и растущее число пациентов с нарушениями движения и координации вызвали рост на рынке приборов для глубокой стимуляции мозга (ГСМ). Глобально, неврологические заболевания являются основной причиной смертности населения, что в цифрах составляет более

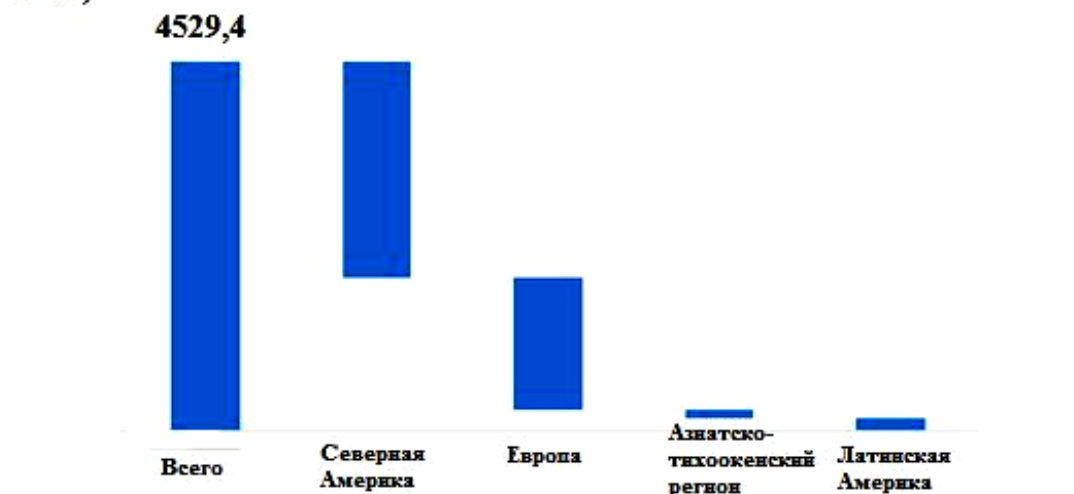


12% от общего числа смертей, сосудистые заболевания мозга составляют 85% от этого числа. Болезни Паркинсона и Альцгеймера являются самыми распространенными нейродегенеративными заболеваниями и сопровождаются нарушением мозговой деятельности, ортостатической нестабильностью, нарушениями координации и тремором конечностей связанными с потерей дофаминергических нейронов в черной субстанции мозга. Средний возраст возникновения этих заболеваний 55 – 60 лет. Согласно данным Ассоциации Болезни Паркинсона, почти 10 миллионов человек страдают этим заболеванием по всему миру. На рынке существует множество методов для лечения и коррекции симптомов неврологических заболеваний: химиотерапия, терапия стволовыми клетками, физиотерапия и хирургические методы. Однако все эти методы имеют множество недостатков: лекарственная терапия становится малоэффективной через короткий промежуток времени лечения, а хирургические методы являются глубоко инвазивными. В то время как технологии Глубокого Стимулирования Мозга представляют собой высокоэффективный и малоинвазивный метод лечения и коррекции неврологических заболеваний.

Технологические достижения привели к росту в этом сегменте глобального рынка. Исследователи из Университета Тель-Авива разработали имплантируемый биометрический компьютерный чип (ReNaChip), который поможет неврологам восстанавливать нормальные функции мозга пациентов, страдающих неврологическими заболеваниями. Инновационный чип ReNaChip значительно увеличит эффективность технологии Глубокого Стимулирования Мозга посредством высокоточной доставки электрических стимулов в соответственные зоны мозга. Компанией Boston Scientific недавно представлена разработка для Глубокой Стимуляции Мозга под названием Vercise DBS, основной особенностью которого является долгая жизнь питающего элемента – до 25 лет. Более того, этот прибор помогает контролировать и корректировать побочные эффекты от терапии посредством высокоточного контроля стимулирующих импульсов.

Лидирующие игроки на рынке устройств для Глубокой Стимуляции Мозга, такие как Medtronic, Boston Scientific, St. Jude Medical, Sapiens Neuro и Aleva Neurotherapeutics SA увеличивают инвестиции в исследования и разработки этих технологий. Это связано с прогнозом роста соответствующих сегментов глобального рынка. По прогнозам ожидается прогрессирующий рост глобального рынка устройств Глубокой Стимуляции Мозга в период с 2014 по 2020 годы в странах Северной Америки, Европы и Азии [Deep Brain Stimulation Devices Market for Parkinson's Disease (North America, Europe, Asia-Pacific and Latin America) - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2013 – 2019].

### Рынок устройств глубокой стимуляции мозга, 2012 г. (в млн долларов США)



### Рынок искусственных органов и протезов

Глобальный рынок искусственных органов и медицинской бионики растет быстрыми темпами в связи с увеличивающимся разрывом между количеством пациентов ожидающих трансплантации и количеством доступных доноров на рынке.

С развитием технологий здравоохранения замещение органов или функций организма искусственными бионическими протезами становится все более реальным. Возрастает количество дисфункций отдельных органов человека, вызванные производственными травмами и возрастными изменениями, что так же требует доступных систем замены утраченных функций и реабилитации.

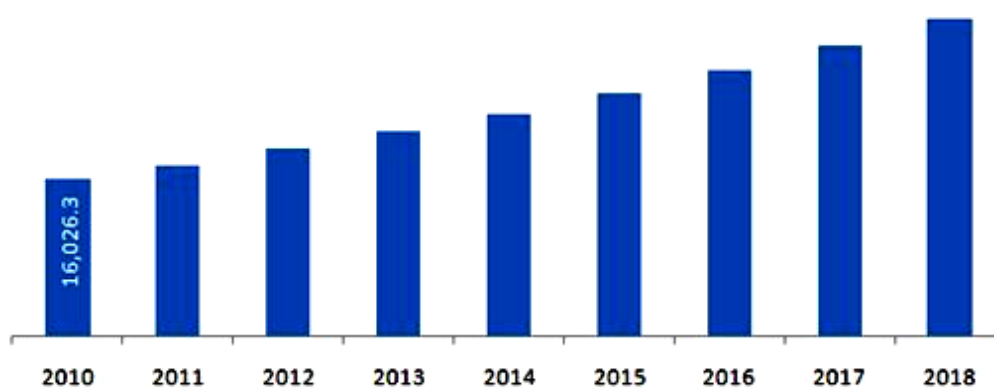
Медицинская бионика представляет собой инкорпорацию электронных и механических компонентов в биологические системы для замены утраченной функции отдельных органов человека. В виду интенсивных исследований и разработок и эволюции в технологиях производства таких приборов, как бионические протезы, экзоскелеты, бионические глазные импланты, ожидается усиленный рост рынка потребления соответствующих товаров в период 2014 – 2020 годов. В связи с глобальным старением популяции и ростом числа нейродегенеративных заболеваний ожидается прогрессирующий рост на рынке нейробионики (стимуляторы головного и спинного мозга, стимуляторы вагусного нерва, имплантируемые биоэлектронные устройства).

Географически Северная Америка лидирует на рынке производства и потребления медицинской бионики, на втором месте находятся страны Европейского союза. Старение населения в этих странах, множественные случаи утраты функций определенных органов являются основными двигателями этого рынка. Однако, в прогнозируемом будущем, ожидается

рост на ранке медицинской бионики в странах Азиатско-Тихоокеанского региона, связанный с развитием системы здравоохранения и ростом технологий.

Основными игроками на рынке медицинской бионики являются следующие компании: Abbott Diabetes Care, Inc., Asahi Kasei Medical Co., Ltd., Baxter International, Inc., Edwards Lifesciences Corporation, Ekso Bionics, iWalk, Inc., Jarvik Heart, Inc., Nikkiso Co., Ltd., Ossur Hf, Ottobock Healthcare GmbH [Artificial Vital Organs and Medical Bionics Market (Artificial Heart, Kidney, Liver, Pancreas & Lungs, Ear Bionics, Vision Bionics, Exoskeletons, Bionic Limbs, Brain Bionics and Cardiac Bionics) - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast, 2012 – 2018].

**Рынок искусственных органов и протезов, размер и прогноз до 2018 года  
(в млн долларов США)**



### ***Рынок нейроимплантатов***

Нейроимплантаты – электронные приборы, присоединённые непосредственно к мозгу. Эти приборы располагаются непосредственно на поверхности мозга или внедряются во внутренние структуры мозга. Нейроимплантаты используются при различных дисфункциях мозга при механических повреждениях, нейродегенеративных заболеваниях и инсультах. Также, нейроимплантаты широко используются для исследований мозга.

Нейроимплантаты подразделяются на стимуляторы вагусного нерва (СВН), глубокие стимуляторы мозга (ГСМ) и стимуляторы спинного мозга (ССМ). СВН используется с 1997 года для лечения некоторых заболеваний, таких как устойчивая депрессия и эпилепсия. ССМ применяется для управления проведением электрических сигналов в спинном мозге. Эту технологию используют для лечения хронических болей путем блокирования передачи болевых сигналов в головной мозг.

ГСМ, также известные как нейропейсмейкеры, медицинские приборы посылающие электрические импульсы в специфические структуры мозга через имплантированные электроды.

Этот метод начали применять в США в 1997 году для лечения дистонии, депрессии, болезни Паркинсона, тремора и обсессивно-компульсивного расстройства.

Благодаря увеличению числа случаев неродегенеративных заболеваний, рынок нейроимплантатов будет расти в прогнозируемый период 2014 по 2020 год. Согласно данным, только в США каждый год обнаруживается 60 тыс. новых пациентов страдающих от болезни Паркинсона и в настоящее время около 10 млн человек страдают от этого заболевания во всем мире и по прогнозам, темпы роста этого заболевания будут увеличиваться в ближайшие годы. В 2012 году от обсессивно-компульсивного расстройства в США страдали около 3 миллионов человек, и 2,3% населения Земли страдают от этого заболевания каждый год, и это число может увеличиться вдвое в период до 2020 года. Таким образом, ожидается стабильный рост на рынке нейроимплантатов в ближайшие годы.

Рынок нейроимплантатов в Северной Америке занимал лидирующее положение в 2013 году и прогнозируется стабильный рост в период до 2020 года. Это связано с увеличением числа пациентов требующих применения технологий нейроимплантатов и присутствием на североамериканском рынке большого количества производителей. На Европу приходится вторая по величине доля на мировом рынке нейроимплантатов. В связи с ростом популяции, улучшением системы здравоохранения и ростом общего благосостояния населения таких стран как Китай и Индия, на рынке нейроимплантатов Азиатско-Тихоокеанского региона ожидается наиболее высокий ежегодный рост.

Основными игроками на рынке нейроимплантов в данный момент являются такие компании, как Boston Scientific Corporation, St Jude Medical, Inc., MEDTRONIC, Inc., Aleva Neurotherapeutics SA и Sapiens Neuro [Brain Implants Market - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends And Forecast, 2014 – 2020].

### ***Рынок нейропротективных продуктов***

Нейропротективные продукты и технологии используются для защиты или коррекции поврежденных нейрональных структур мозга при нейродегенерации и повреждениях. Эти продукты активно используются как лечение при многих заболеваниях мозга, таких как острый инсульт, нейродегенеративные заболевания, повреждения спинного мозга и травмы головного мозга. Основной целью применения нейропротективных технологий является уменьшение последствий дисфункции нейрональных сетей и сохранения интегрированности клеточных функций при различных повреждениях мозга.

Нейропротективные продукты подразделяются на следующие категории:

- анти-эксайтотоксические,
- анти-воспалительные,

- хелаторы ионов металлов,
- нейротропические факторы,
- модуляторы ионных каналов,
- ингибиторы апоптоза,
- ловушки свободных радикалов,
- регуляторы митохондриальных дисфункций.

Эти продукты используются в лечении следующих патологий:

- болезней Альцгеймера и Паркинсона,
- зрительной дегенерации,
- травматического повреждения мозга,
- рассеянного склероза,
- болезни Хантингтона,
- бокового амиотрофического склероза,
- периферической нейропатии и др.

Основными факторами, продвигающими рынок нейропротективных технологий, являются рост и распространение таких нейродегенеративных заболеваний, как болезни Альцгеймера и Паркинсона, острого инсульта, бокового амиотрофического склероза и т.д. Более того, рост спроса на усиленную терапию повреждений мозга также является одним из стимулов роста этого рынка. Однако, строгая регуляция и высокая цена разработок могут оказывать замедляющее воздействие на этот сегмент рынка.

В географической перспективе Северная Америка является основным рынком потребления нейропротективных технологий в связи с увеличением числа нейродегенеративных технологий. По данным Национальной Системы Здравоохранения в США 5,4 миллиона человек страдали от болезни Альцгеймера в 2013 году. Более того, каждый год у 60 тыс. человек диагностируют болезнь Паркинсона ежегодно. В Европе и Азиатско-Тихоокеанском регионе также ожидается рост рынка нейропротективных технологий, связанный с ростом коммерциализации персональной медицины в области нейродегенеративных заболеваний.

Основными игроками на рынке этих технологий являются следующие компании: BHR Pharma LLC, Genervon Biopharmaceuticals LLC, NeuroVive Pharmaceutical AB, Neuren Pharmaceuticals Limited, Allon Therapeutics Inc. и Varinel Inc [Neuroprotective Products Market – Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends And Forecast, 2013 – 2019].

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Анализ государственной политики стран ЕС в отношении развития направления Нейротехнологии

Неврологические заболевания представляют существенную социальную и экономическую нагрузку для Европы. В ходе исследований, проведенных Европейским Советом Мозга, было показано, что на диагностику и лечение этих заболеваний в Европе тратится 386 миллиардов евро в год. В соответствии с данным фактом, указанная стоимость будет расти экспоненциально по времени в связи с интенсификацией процесса старения популяции в Европе, что указывает на необходимость принятия безотлагательных скорейших мер с целью замедления данного процесса и по возможности обращения его в обратном направлении.

Согласно данным Документа Консенсуса Европейской Программы Исследования Мозга приоритетными подходами являются нисходящие исследования (от конкретного заболевания к молекулярным механизмам), и приоритетными направлениями исследований признаны следующие заболевания: болезнь Альцгеймера и старческое слабоумие; болезнь Паркинсона и сопутствующие нарушения координации; инсульт и ишемические патологии мозга; эпилепсия и неконтролируемые нейрональные возбуждения; рассеянный склероз и другие воспалительные патологии мозга; энцефалопатии связанные с прионным поражением мозга; травматические повреждения мозга; онкологические заболевания мозга; периферические нейропатии.

#### *Развитие мозга, пластичность и старение в номе и при патологиях*

##### *Предпосылки*

Развитие мозга регулируется комплексом программ, небольшие нарушения которых приводят к появлению неврологических заболеваний, таких как аутизм, шизофрения, или повышают риск нейропатологий при старении мозга. Большинство неврологических заболеваний проявляются в детском или юношеском возрасте (Paus et al., 2008), но даже нарушения, которые связывают с возрастными изменениями мозга, такие как шизофрения или биполярные расстройства, ассоциированы с нарушениями развития мозга. Нарушения в развитии мозга, таким образом, являются причиной широкого спектра неврологических заболеваний. В связи с тем, что экономическая нагрузка этих болезней чрезвычайно высока в Европе, и многие из этих болезней не поддаются лечению, таким образом, изучение и понимание нейрофизиологических процессов, происходящих при развитии мозга, является критически необходимым.

##### *Последние достижения в Европе*

В последнее десятилетие Европейские ученые воспользовались прорывом в области генетических исследований для установления областей генома человека, содержащих информацию, относящуюся к специфическим нейропатологиям. Локализация этих участков была весьма успешной (Merikangas et al., 2009; Sebat et al., 2009), но понимание как генетические изменения в этих участках приводят к неврологическим заболеваниям остается открытым вопросом. В последних исследовательских программах применен нисходящий метод в исследованиях: использование конкретного заболевания в качестве отправной точки. Так, в исследованиях шизофрении генетические и фенотипические различия отражают комплексность процессов в развитии мозга (Sebat et al., 2009). Только несколько Европейских программ адресованы к более фундаментальным процессам развития мозга: «Нейростволовые клетки», «Нероген» и «Дофаминет». В последние годы отдельные Европейские страны запустили также национальные программы по исследованию заболеваний связанных с развитием мозга, которые постепенно включаются в общеевропейские.

#### *Предложение в рамках программ ЕС*

Предлагается более фундаментальный, нейробиологический подход для исследований развития мозга и соотношения с развитием нейропатологий, в рамках чего должны быть решены следующие задачи:

- определить, как генерируются генетические программы и как они функционируют для построения специфических нейронных сетей и групп в мозге;
- выяснить какие факторы вызывают нарушение развития мозга и последующие нейродегенеративные заболевания;
- исследовать эффекты генетических отклонений, для чего данные по обширным генетическим исследованиям и транскриптомному профилированию должны быть соотнесены со специфическими стадиями нейрогенеза;
- выявить функции специфических генов в развитии мозга;
- выявить молекулярные механизмы, объясняющие прогрессивные изменения в развивающемся мозге и приводящие к таким заболеваниям, как аутизм и детская шизофрения;
- провести оценку действия психотропных препаратов на развитие мозга.

Более того, для ассоциации конкретного патологического состояния с конкретным геном исследования необходимо проводить не только с учетом клинического фенотипа, определенного диагностическими критериями, но и индивидуального фенотипа.

#### *Значение исследований*

Данные о дефектах развития, приводящих к возникновению заболеваний мозга, помогут скорректировать или вылечить их в пренатальный или постнатальный период развития и, таким образом, сократить экономическую и социальную нагрузку. Если будут показаны внешние

факторы, вызывающие заболевания мозга, связанные с его развитием, то появится возможность устранить или предотвратить влияние этих факторов. Так показано, что прием антидепрессантов при беременности вызывает поведенческие нарушения у детей (Noorlander et al., 2008).

Предложенные инициативы, в комбинации с существующими программами, позволят понять какие новые стратегии коррекции нейропатологических состояний необходимо использовать – устранение факторов приводящих к нарушению развития мозга и последующим заболеваниям или коррекция симптомов заболеваний. Более того, в сотрудничестве с фармацевтическими компаниями поиск потенциальных фармакологических мишеней становится более значимым, в то время как экономическая нагрузка, связанная со старением популяции и соответствующим ростом неврологических заболеваний будет только увеличиваться.

### ***Проблемы памяти, синаптическая пластичность и их клеточные механизмы***

#### *Предпосылки*

Загадка механизмов памяти была причислена журналом Science к 25 важнейшим проблемам нейронаук. Память является центром человеческой индивидуальности, в аспекте нашего прошлого опыта определяет то, кто мы есть, потеря памяти означает потерю индивидуальности. При этом многие в Европе страдают нейродегенеративными заболеваниями, такими как Болезнь Альцгеймера, ранним проявлением которой является потеря памяти. Также потерей памяти страдают пациенты, перенесшие инсульт, онкологические заболевания мозга или психиатрические расстройства, затрагивающие участки мозга, отвечающие за обучение и запоминание. По другую сторону возрастной категории существуют проблемы, связанные с развитием мозга, приводящие к затруднению обучения и адаптации в обществе. Диагностика заболеваний, связанных с потерей памяти и неспособностью к обучению, влечет за собой финансовые издержки, и только понимание механизмов памяти может решить проблему сокращения затрат. Фундаментальные исследования в этой области строятся на различных подходах: от молекулярной биологии до когнитивных нейронаук (Colgin et al., 2008). В настоящее время существует общепринятый консенсус, что многие виды памяти опосредованы нейронными механизмами, которые могут быть поняты на уровне нейронных сетей, синаптическом и молекулярном уровнях (Wang & Morris, 2010). Одним из важнейших направлений исследований в настоящее время является изучение механизмов синаптической и нейрональной пластичности и подтверждение теории о том, что многие аспекты когнитивных заболеваний являются результатом нарушений в синаптических механизмах.

#### *Последние достижения в Европе*

Европейские ученые за последние годы внесли большой вклад в данную область: характеристика различных форм памяти, различие между кратковременной и долговременной вилами памяти и т.д. (Wang & Morris, 2010); открытие феномена долгосрочного возбуждения и



различные роли и типы глутаматных рецепторов в синаптической пластичности и обучении (Pinheiro & Mulle, 2008; Gardoni et al., 2009); идентификация генов (APP и tau), отвечающих за наследственное возникновение болезни Альцгеймера.

#### *Предложение в рамках программ ЕС*

Нисходящие методы исследований, использующие современные методы визуализации процессов, происходящих в мозге, и нейрофизиологические методы, направлены на установление того, каким образом информация представлена в различных областях коры мозга, и к каким различиям это ведет на примере механизмов запоминания информации. Восходящий подход в исследованиях включает идентификацию молекул и клеточных механизмов, которые активируются при кодировании сигналов памяти, запоминании или коррекции (Triller & Choquet, 2008), направлены на установление того, как комплекс этих сигналов обрабатывается в нейронных сетях, отвечающих за память (Colgin et al., 2008). Эти два исследовательских подхода различаются в аналитическом смысле и по выбору объекта исследований (человек, математическая модель, лабораторные животные или модели *in vitro*), и по методу проведения – в параллели. Мультидисциплинарная стратегия подходит для обоих подходов и в конечной точке они должны сойтись воедино.

Сети синаптических белков являются сложными и динамическими системами и их изучение в контексте нейрональной пластичности и патологий мозга приведет к развитию высокопроизводительных молекулярных инструментов воздействия и наноскопическим методам визуализации для исследований мозга (Triller & Choquet, 2008). Также, развитие методов переноса генов *in vivo*-, опто- и хемогенетических методов контроля клеточной активности мозга совместно с развитием систем визуализации процессов, происходящих в мозге, приведет к существенному прорыву в понимании механизмов, лежащих в основе нормальной и патофизиологической активности мозга.

Изучение механизмов памяти и обучения должно включать и комбинировать такие передовые подходы, как биохимические, клеточные, молекулярно-биологические, физиологические и функциональную магнитно-резонансную томографию.

#### *Значение исследований*

Эти важные фундаментальные исследования широко поддерживаются сообществом, так как их результаты позволят продвинуться в диагностике и терапии заболеваний, связанных с памятью и обучением. Подобные заболевания могут возникнуть в любом периоде жизни человека, старение популяции в Европе приводит к пропорциональному увеличению таких заболеваний. Понимание комплексной системы памяти, также как и ее молекулярных механизмов, приведет к появлению новых методов лечения и коррекции заболеваний, связанных с памятью и обучением. Такими методами могут стать задействование незатронутых патологией участков системы памяти,

замена или восстановление поврежденных участков, появление высокоэффективных фармакологических препаратов. Понимание комплекса генетических изменений, происходящих при нарушении памяти, и развитие тест-систем, позволяющих оценить риски возникновения этих заболеваний на предсимптоматическом этапе, помогут значительно сократить финансовые государственные расходы на лечение, посредством предотвращения или коррекции неврологических заболеваний на ранних этапах. Понимание фундаментальных механизмов памяти будет играть важную роль в реализации процессов обучения, образования и раскрытия личностных качеств и талантов индивидуального члена социума.

### ***Старение популяции и продление жизни***

#### *Предпосылки*

Европа становится стареющим континентом. К 2050 в Европе будет 173 миллиона людей в возрасте 65 лет и старше, что представляет собой 28% от всей популяции (данные Европейского проекта развития). Возраст является основным показателем, определяющим затраты на здравоохранение индивидуального гражданина, и, таким образом, затраты на поддержание одной трети популяции будут определять будущую нагрузку на финансирование здравоохранения в Европе. Таким образом, старение популяции представляет собой серьезный вызов основной инфраструктуре нашего современного информационного общества, ориентированного в основном на молодых индивидуумов.

В прошлом, в сельскохозяйственно-ориентированном обществе, пожилые люди поддерживали свой социальный статус, потому что их жизненный опыт мог компенсировать их сниженную способность усваивать новую информацию. Напротив, даже небольшое ухудшение памяти может быть помехой в современной информационно нагруженной городской среде. Сохранность когнитивных способностей, таким образом, станет определяющим фактором успешного старения.

#### *Последние достижения в Европе.*

Европейская геронтологическая нейронаука выступает в популяционных эпидемиологических исследованиях и в генетике основных нейродегенеративных заболеваний с превосходными показателями. Примечательно, что первый крупный прорыв в понимании генетики болезни Альцгеймера (БА) сделан Европейской исследовательской группой (Goate др., 1991). Европа играет ключевую роль в клинических исследованиях по цереброваскулярным и нейродегенеративным заболеваниям, что заложило основы для развития всех препаратов для лечения БА, которые являются доступными в данный момент. Одна из первых фаз клинических испытаний амилоид-модифицирующего препарата для лечения БА, Флурбипрофена, была проведена европейскими исследователями, как и последующие фазы (Wilcock et al., 2008). Европейские группы также провели исследования по разработке средств диагностики для

различия потери памяти связанной с возрастом забывчивостью при ранних стадиях БА (Mattsson et al., 2009).

*Предложение в рамках программ ЕС*

Старение должно быть рассмотрено как нормальная фаза жизни индивидуального человека, а не как заболевание. Множество функциональных и структурных изменений, происходящие в мозге, которые могут быть рассмотрены как адаптация к изменениям, происходящим в окружающем нас мире. Необходимо множество исследований для понимания изменений, происходящих в мозге на всех уровнях, и оценка их влияния на восприятие и обработку информации в стареющем мозге. Некоторые изменения, такие как замедление реакции, могут быть основным отличием стареющей нервной системы и должны приниматься во внимание при построении окружения, в котором мы обитаем. Другие изменения, такие как проблемы с краткосрочной памятью и фокусировкой внимания, являющиеся результатом ускоренной нейродегенерации, могут быть скорректированы при помощи фармацевтических препаратов. Процесс рационального развития спектра лекарственных препаратов требует лучшего понимания нейрофизиологии стареющего мозга, как на клеточном, так и на системном уровнях.

Одной из серьезных проблем переноса результатов исследований от модельных животных со специфическими нейродегенеративными заболеваниями на стареющего человека является то, что в стареющем человеческом мозге, специфические молекулярные изменения происходят одновременно со многими другими процессами, связанными с возрастными изменениями в мозге, в то время как в эксперименте используют здоровых модельных животных в молодом возрасте. Лишь небольшое количество исследований в Европе проводится на стареющих моделях животных и этому есть причина: дорогое содержание колоний старых животных. При увеличении финансирования появится возможность организовать колонии, подобно тому, как это сделано в США.

Факторы окружающей среды и образ жизни устанавливают свою скорость нейродегенерации для каждого человека и гарантируют дальнейшие исследования в этой области.

Существует острая необходимость расширить и углубить наше понимание взаимодействия генетических факторов и окружающей нас среды не только касаясь механизмов нейродегенерации, но и в отношении ответа на лечение и коррекцию этих процессов.

Стареющая популяция с быстрорастущим уровнем нейродегенеративных заболеваний, в частности БА и старческого слабоумия, является вызовом современным нейрофизиологам и клиническим неврологам. Необходимы новые, более чувствительные и доступные методы диагностики для различия процессов нормального старения и патологических процессов, вызванных старением мозга. Основные исследовательские программы должны быть направлены

на развитие стратегий моделирования процессов старения мозга, которые потребуют развития диагностических тестов для определения предсимптоматических стадий нейродегенерации.

Наконец, должна быть рассмотрена роль сопутствующих патологий в когнитивных нарушениях у пожилых людей. Например, риск появления диабета существенно увеличивается с возрастом, и заболеваемость достигает 15 – 18% у людей старше 65 лет. Серьезные сосудистые патологии, связанные с диабетом, хорошо известны, но их вклад в развитие нейродегенеративных патологий все еще не ясен. Природа и проявление когнитивных дисфункций у пациентов с диабетом, как кажется, зависит как от типа, так и от возраста пациента. Эти наблюдения должны быть изучены более тщательно (Maggi et al., 2009).

#### *Значение исследований*

Дофаминергические препараты существенно улучшили жизнь пациентов, страдающих болезнью Паркинсона, в то время как холинергические препараты позволяют пациентам с болезнью Альцгеймера дольше обходиться без госпитализации. Однако на сегодняшний день не существует препаратов или методов лечения расстройств памяти, связанных с нормальным старением мозга, и, не связанных с нейродегенеративными заболеваниями. Существует «полезная для сердца» диета, но не существует подобных диет для нейродегенеративных заболеваний. Увеличение финансирования исследований основных механизмов нейродегенеративных заболеваний, и трансляции полученных знаний в разработку новых методов лечения, обеспечат долгосрочные решения для нейтрализации фактора старения населения Европы.

#### ***Стволовые клетки: от основных механизмов до применения в неврологии***

##### *Предпосылки*

Нейродегенеративные заболевания вызывают широкий спектр вторичных клинических расстройств в результате хронически прогрессирующей дегенерации дифференциально уязвимых подтипов нейронов в центральной или периферической нервной системе. Эти расстройства варьируются от мотонейронной болезни и мышечной атрофии до болезней Хантингтона и Паркинсона и слабоумия при болезнях Альцгеймера и Пика. Инсульт является третьей по счету причиной смерти в Европе. Аффективные расстройства, включая депрессию, являются наиболее распространенными заболеваниями мозга в Европе. Последние исследования в изучении стволовых клеток мозга дают надежду на развитие стратегии лечения этих заболеваний.

##### *Последние достижения в Европе.*

Большое количество пионерских работ в области трансплантации в мозг стволовых клеток и клеток предшественников проводится в Европе с использованием болезней Паркинсона и Хантингтона как модельных расстройств (Lindvall et al., 2004). Исследования в Европе сфокусированы на применении определённых типов эмбриональных стволовых клеток для терапевтического использования (Wernig et al., 2004). Европейские исследователи начали работы

по изучению механизмов и значения нейрогенеза как процесса, происходящего как в здоровом мозге (Nack et al., 2005), так и в мозге с различными нейродегенерациями у вз

связи с их периферическим зарождением они весьма доступны для терапевтических манипуляций. Однако их вклад в воспалительные процессы, инициирующие или усугубляющие нейродегенеративные процессы, остается неясным.

#### *Значение исследований*

Системное исследование стволовых клеток приведет к новым открытиям от глубокого понимания физиологии мозга до новых восстановительных и защитных методов терапии нейродегенеративных заболеваний. Десятки миллионов людей в Европе, страдающих подобными заболеваниями, могут быть вылечены с помощью методов клеточной трансплантологии.

#### ***Молекулярная визуализация: от человека и животных к механизмам на клеточном и биохимическом уровне***

##### *Предпосылки*

Молекулярная визуализация – развивающаяся область исследований, соединяющая инструменты молекулярной и клеточной биологии с инновационными технологиями неинвазивной визуализации. Технология молекулярной визуализации мозга включает в себя совершенно новый метод изучения физиологических процессов, происходящих в мозге, диагностику, мониторинг и управление патологическими процессами в мозге. Эта технология базируется на существующих методах изучения, таких как позитронная эмиссионная томография, однофотонная эмиссионная компьютерная томография, магнитно-резонансная томография с усовершенствованными контрастными агентами, магнитно-резонансная спектроскопия и оптические флуоресцентные методы. Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки, но комбинация и интеграция их приведет к получению практически совершенной технологии исследования мозга.

##### *Последние достижения в Европе*

Молекулярная визуализация уже частично используется в исследованиях по оценке корреляции физиологических и патофизиологических процессов происходящих в мозге (Brooks, 2010). Комбинация методов молекулярной генетики с молекулярной визуализацией используется при изучении онкологических заболеваний мозга (Walker et al., 2010), болезни Паркинсона (Aime et al., 2000) и других патофизиологических процессов в мозге (David et al., 2005).

Однако, в то время как подобные исследовательские центры получают широкое распространение в США, в Европе их количество весьма ограничено. Многие фармацевтические компании рассматривают молекулярную визуализацию как ключевой элемент в исследованиях и разработке лекарственных препаратов, и, таким образом, центры, специально созданные и оснащенные соответствующим оборудованием для изучения патофизиологий мозга, необходимо создавать и в Европе. Европейская комиссия поддерживает исследования, проводимые с помощью молекулярной визуализации, в рамках Рамочных Программ, программы Нейрорецепторной визуализации и программы Диагностической молекулярной визуализации. Но эти программы не

рассчитаны на долгосрочное финансирование соответствующих исследований. Европа является площадкой для многочисленных превосходных исследовательских центров и долгосрочное финансирование и инвестиции в центры Молекулярной визуализации необходимы для выхода Европы на лидирующие позиции в исследованиях мозга.

#### *Предложение в рамках программ ЕС*

Первой целью является оптимизация технологий и методов оптической флуоресцентной, магнитно-резонансной и молекулярной визуализаций. Это требует сопоставление данных полученных отдельно каждым из этих методов. Второй целью является развитие «умных» зондов, специфичных к определенным молекулярным и биохимическим процессам, которые могут быть локализованы и детектированы хотя бы одним из вышеперечисленных методов. Основной проблемой на сегодняшний день является отсутствие трансфера технологий из фармацевтических исследований частных компаний в академическую исследовательскую среду. Другой основной целью является создание неинвазивных методов регистрации и детекции внутриклеточных процессов происходящих в одиночной клетке в мозге.

Методы молекулярной визуализации будут играть очень важную роль в фундаментальных и клинических исследованиях в ближайшие годы. Этот метод внесет существенный вклад в понимание физиологических и патофизиологических процессов, происходящих в мозге человека в комбинации с гено- и фенотипированием. Станут возможны исследования по корреляции между экспрессией генов, оцененной методами молекулярной визуализации, и физиологическими процессами, происходящими в норме и при патологиях мозга. Вместе с генетическими исследованиями молекулярная визуализация мозга представляет собой наиболее многообещающий инструмент для исследований мозга.

#### *Значение исследований*

Интенсивные исследования мозга с применением молекулярной визуализации открывают новые возможности для неинвазивного изучения физиологических и патофизиологических процессов, происходящих в мозге на клеточном и субклеточном уровне, регистрации заболеваний на стадиях доклинических проявлений, оценки эффективности различных видов коррекций патофизиологических повреждений мозга с помощью фармацевтических препаратов, генной или клеточной терапии.

#### ***Нейровизуализация***

##### *Предпосылки*

Растущее понимание генетики, физиологии и биохимии процессов, происходящих в мозге, ускоряют открытия, связанные с нормальным и абнормальным функционированием мозга. Для тестирования новых подходов к лечению и коррекции неврологических заболеваний необходимо понимание и исследование превентивных мер и долгосрочных эффектов различных видов

терапии. Некоторые неврологические заболевания, такие как болезни Альцгеймера и Паркинсона, шизофрения начинаются задолго до проявления клинических симптомов (DeKosky & Marek, 2003). Так, необходимо разработать биомаркеры, обнаруживающие предрасположенность к определенным заболеваниям для проведения превентивной терапии до проявления клинических симптомов. Для многих заболеваний нейровизуализация может определять биомаркеры соответствующих патофизиологических изменений.

#### *Последние достижения в Европе*

Большинство инструментов, применяющихся для исследования мозга и диагностики нейродегенеративных заболеваний, были созданы европейскими учеными: от Рентгена (Нобелевская премия 1901 года), который использовал рентгеновское излучение для визуализации черепа, до Питера Мансфилда (Нобелевская премия 2003 года), который применил ядерный магнитный резонанс для нейровизуализации. В функциональных исследованиях мозга статистическое параметрическое картирование является мировым стандартом в данной области, и этот метод был впервые использован в Лондоне (Friston et al., 1995). Многие другие методы исследований зародились в Лондоне, и на сегодняшний день три из четырех лидирующих в нейровизуализации компаний базируются в Европе.

#### *Предложение в рамках программ ЕС*

- Развитие более эффективных инструментов нейровизуализации

Более мощные приборы для магнитно-резонансной томографии лабораторных животных и человека могут помочь в более глубоком понимании внутриклеточных процессов, происходящих в мозге, и помочь с ранней, до проявления клинических симптомов, диагностикой заболеваний мозга (Augustinack et al., 2005). Это также поможет усовершенствовать качество магнитно-резонансной спектроскопии и диагностику многих генетических заболеваний мозга.

Методы функциональной визуализации могут регистрировать метаболические и сосудистые изменения, которые сопряжены с нейрональной активностью. Эти комплексные взаимосвязи должны быть более подробно изучены и применены не только в лабораторных исследованиях, но и в клинической диагностике (Logothetis, 2008).

#### *Значение исследований*

Вместе с генетическими, молекулярными и биохимическими методами исследований, нейровизуализация может изменить наше представление о процессах, происходящих в мозге в норме и при патологиях. Поможет внедрить методы ранней диагностики таких неврологических заболеваний как болезнь Альцгеймера, Паркинсона, шизофрения, эпилепсия и инсульт. Также, возможно развитие персонифицированной медицины с таргетной высокоэффективной терапией.

- Идентификация биомаркеров, сопряженных с нейродегенеративными заболеваниями



Современные методы протеомики обладают большим потенциалом для обнаружения биомаркеров для нейрогенеративных заболеваний, включая психиатрические расстройства. В настоящее время существуют три основных метода, применяющихся в протеомном анализе: двумерный электрофорез, жидкостная хромато-масс-спектрометрия и иммунологический анализ. Существует несколько компаний, специализирующихся на последних достижениях в области протеомных исследований: Millipore, BioRad, Bruker, и Pronostics. Наибольшую техническую трудность представляет анализ небольших протеомных фракций, валидация, оценка данных и, главное, невозможность использования этих методов в рутинной клинической диагностике.

#### *Последние достижения в Европе*

Существует несколько успешных Европейских исследовательских программ, применяющих методы протеомных исследований в изучении психиатрических заболеваний, в частности группой исследователей из Ирландии были идентифицированы нарушения в цитоскелете клеток мозга пациентов с психиатрическими расстройствами (English et al., 2009). Другая группа из Великобритании, применив последние достижения технологии жидкостной хромато-масс-спектрометрии, идентифицировала несколько биомаркеров в сыворотке крови пациентов с первичными признаками шизофрении, и эти данные были подтверждены с помощью иммунологических методов (Levin et al., 2009).

Клинические неврологи и психиатры весьма заинтересованы в идее использования биомаркеров в точной диагностике нейродегенеративных заболеваний. В дополнение, большинство фармацевтических компаний рутинно используют биомаркеры различных заболеваний в своих исследованиях (Rad- pour et al., 2009).

#### *Предложение в рамках программ ЕС*

На первых этапах исследований будет необходимо использовать различные технологии в комплексе с протеомными исследованиями для подтверждения полученных результатов в лабораторных исследованиях и в клинике. Необходимо идентифицировать различные субпротеомы, протеиновые комплексы, посттрансляционные модификации и низкомолекулярные фракции.

Первой целью должна стать идентификация предварительной линейки биомаркеров с использованием пациентов с четкими, изученными клиническими проявлениями. На второй стадии необходимо обнаружить кандидаты в биомаркеры с использованием дополнительных, клинически доступных методов. На третьем этапе необходимо обнаружить линейку биомаркеров для диагностирования заболевания до проявления клинических признаков.

#### *Значение исследований*

В ближайшие годы протеомные технологии будут играть все большую роль в клинической неврологии и психиатрии. Они позволят, в комбинации со стандартными методами диагностики и

изучения нейродегенеративных заболеваний, диагностировать на доклинических стадиях развития патологий, корректировать фармакологическую терапию и персонализировать подход к пациенту.

### ***Нейрогенез, нейростимуляция и нейромодуляция мозга***

#### *Предпосылки*

Целью нейромодуляции процессов, происходящих в мозге, является нормализация дисфункций нервной системы путем изменения электрических, химических и фармакологических свойств нервной системы. Нейромодуляция может иметь несколько терапевтических форм:

- хроническая электрическая стимуляция мозга посредством временных или хронических имплантов;
- прямая инфузией фармакологических препаратов в цереброспинальную жидкость или ткань мозга через катетер;
- трансплантация стволовых клеток для замещения утративших функции клеток;
- оптическая стимуляция клеток мозга, экспрессирующих светочувствительные ионные каналы;
- фармакологическая стимуляция клеток мозга, экспрессирующих специфические рецепторы к определенным лигандам (технология DREADs).

#### *Последние достижения в Европе*

В последние 2 десятилетия метод специфической нейромодуляции развивается быстрыми темпами. В 1993 году впервые был применен метод нейростимуляции субталамических ядер для коррекции болезни Паркинсона (Pollak et al., 1993). В дальнейшем методы нейростимуляции были применены для коррекции патологических состояний при расстройствах координации, эпилепсии и т.д. (Krames et al., 2009; Bartels et al., 2007). В 1991 году европейскими медицинскими исследователями было создано Международное Общество Нейростимуляции (International Neuromodulation Society, 2010).

#### *Предложения в рамках программ ЕС*

Многие европейские клиники и исследовательские центры фокусируют активность на применении методов нейростимуляции и их совершенствовании, однако близкое сотрудничество европейских и международных центров не осуществляется до сих пор. Необходимо создание мультинациональных исследовательских и медицинских центров для увеличения числа пациентов, вовлеченных в исследование передовых методов нейростимуляции. То же самое относится и к исследованиям: лаборатории расположены по всему миру, и исследования носят фрагментарный характер. Остается открытым вопрос о нейропротекторных свойствах методов нейростимуляции, не определены оптимальные мишени и методы для каждого заболевания и пациента индивидуально. Необходимо усовершенствовать и приборную панель применяющуюся для этих целей – индивидуальные приборы для нейростимуляции должны быть как можно миниатюрнее,

надежнее и иметь долгий срок автономной эксплуатации. Европейская финансовая поддержка может помочь в решении следующих вопросов:

- Создание Европейской базы данных по нейростимуляции;
- Координация исследовательской активности единичных лабораторий;
- Финансирование клинических исследований с применением новых методов нейростимуляции;
- Стимуляция современных дорогостоящих экспериментов.

#### *Значение исследований в рамках программ ЕС*

Несмотря на огромный клинический потенциал, методы нейростимуляции все еще не нашли широкое применение в медицинской практике. Это связано с малоизученными последствиями нейростимуляции, несовершенством технологий и методов. Многие клиницисты предпочитают использовать устаревший фармакологический подход. Однако методы нейростимуляции могут помочь многим пациентам, для которых неэффективны фармакологические подходы, вернуться к нормальной жизни в обществе и снизить общую финансовую нагрузку для государства.

#### ***Нанотехнологии: от фундаментальных исследований до клинического применения***

##### *Предпосылки*

Нанотехнологии относятся к широкому спектру технологий измерения, манипуляции или создания материалов с размерами 1 – 100 нм. В контексте биомедицины нанотехнологии могут определяться как наноразмерные структуры, имеющие новые или усовершенствованные свойства, которые недостижимы в структурах с большим или меньшим размером. Нанотехнологии имеют широкие возможности в медицине и исследованиях, включая биовизуализацию и таргетную доставку лекарств.

##### *Последние достижения в Европе*

Основным препятствием на пути доставки лекарственных препаратов в мозг является гематоэнцефалический барьер, характеризующийся низкой проницаемостью, отсутствием пиноцитоза и плотными межклеточными контактами. Наночастицы, среди неинвазивных методов, являются превосходным кандидатом для переноса лекарственных препаратов через гематоэнцефалический барьер. Они могут свободно перемещаться в мозг, проникать в клетки и внутриклеточные структуры. В соединении со специфическими антителами или клетками иммунной системы наночастицы можно направлять в конкретный участок мозга, например, пораженный опухолью или некрозом. Суперпарамагнитные наночастицы оксида железа используются в магнитном резонансе для направленной доставки препаратов, мониторинга движения клеток и визуализации процессов, происходящих в мозге (Weinstein et al., 2010).

Транспорт наночастиц нейронами был описан как ретроградное, anterogradное движение в аксонах и some нейронах. Это является важным открытием, т.к. появляется возможность введения лекарственных препаратов в мозг через дыхательный тракт (Misty et al., 2009).

#### *Предложение в рамках программы ЕС*

Новое поколение нановекторов может инкорпорировать мультифункциональные компаунды и позволить таргетную доставку комплекса терапевтических препаратов для клеточной терапии. Применение нанотехнологий в клеточной терапии нейродегенеративных заболеваний и дисфункций мозга является весьма многообещающим. Применение стволовых клеток, меченых наночастицами оксида железа, в лечении травматических повреждений мозга помогает направлять клетки в очаг повреждения и отслеживать их перемещения с помощью магнитного резонанса (Kubinova & Sykova, 2010). Скоординированные фундаментальные и клинические исследования, а также вовлечение промышленных партнеров, поможет выйти на новый уровень таргетной персонализированной терапии. Целью в данном случае является:

- Развитие биологически совместимых нанофибрилярных каркасов, повторяющих структуру внеклеточного матрикса и помогающих в регенерации аксонов нейронов или осуществляющих доставку лекарств;
- Исследование долгосрочных последствий использования подобных структур в мозге человека;
- Исследование фармакокинетики и фармакодинамики лекарственных препаратов, инкорпорированных в наночастицы, с целью определения оптимального дозирования препаратов;
- Исследование воздействия наночастиц с различным размером и различного материала на перенос лекарственных препаратов и функционирование мозга в целом;
- Развитие комплиментарных агентов для усовершенствования таргетности и проникающей способности наночастиц. Это необходимо для точной локализации наночастиц, например, в опухолях мозга (Benny & Pakneshan, 2009) или доставки антивирусных препаратов (Rao et al., 2009).

#### *Значение исследований*

Нановекторы, наноструктуры, наноплатформы и наноразмерные комплексы могут способствовать развитию неинвазивных и более селективных методов коррекции нейродегенеративных заболеваний и повреждений мозга. Использование нанотехнологий в медицине, в особенности в доставке лекарственных препаратов, несет огромные преимущества для пациентов и общества в целом.

#### *Механизмы, управляемые мозгом, и интерфейсы мозг – машина*

##### *Предпосылки*

Интерфейсы мозг-машина (ИММ) используют персональную активность мозга для управления внешними приборами такими как переключатели, компьютеры или протезы. Клиническое использование ИММ включает прямую коммуникацию с мозгом полностью или частично парализованных пациентов для восстановления или имитации моторной функции у них. Для полностью парализованных пациентов (боковой амиотрофический склероз, синдром Гийена-Барре, инсульт) использование ИММ является единственной возможностью коммуникации с внешним миром. В Европе более 1% популяции страдают от последствий инсульта и более 10 миллионов людей прикованы к инвалидному креслу или полностью парализованы. Реабилитация и лечение таких пациентов в настоящее время малоэффективна.

#### *Последние достижения в Европе*

Европа играет лидирующую роль в ИММ исследованиях, в частности – неинвазивных методах регистрации мозговой активности у парализованных людей (Birbaumer et al., 1999; Pfurtscheller et al., 2005), в то время как США лидируют в исследовании инвазивных ИММ у обезьян и фундаментальных исследованиях инвазивных ИММ (Nicoletis et al., 2004). Одна из лабораторий в США получила разрешение на имплантацию инвазивных ИММ пяти пациентам для восстановления моторной функции, в то время как в Европе с большим успехом проходят испытания неинвазивных ИММ. Однако обширные клинические тесты инвазивных и неинвазивных ИММ до сих пор не проводятся ни в одной из стран.

#### *Предложение в рамках программы ЕС*

Теоретическое и экспериментальное разделение обоих типов ИММ не является полезным, и целью Европейского сообщества должно быть развитие, применение и объединение обоих типов ИММ с целью максимально эффективного их использования. Необходимо развить технологии и приборы (неинвазивные электроды, усилители и передатчики) для длительного и максимально точного регистрирования активности мозга. Для инвазивной регистрации необходимо создание ультра-микроэлектродов, способных точно регистрировать и передавать сигналы от мозга пациента в течение длительного времени; обеспечение беспроводной передачи сигнала от регистраторов на исполняющие приборы; создание приборов, позволяющих с большой эффективностью регистрировать и разделять даже очень слабые сигналы, идущие от мозга, анализировать их и передавать на внешнее устройство.

#### *Значение исследований в рамках программы ЕС*

После решения вышеперечисленных задач Европейский консорциум сможет предложить специфические ИММ в совокупности со стандартизированными методиками тренировки для управления подобными приборами. Это поможет сократить огромные затраты на реабилитацию пациентов с различной степенью паралича, а также, сократит стоимость установки специальных

устройств для людей с ограниченными возможностями в общественных местах. Доступность подобных ИММ значительно облегчит жизнь пациентам, их родным и обществу в целом.

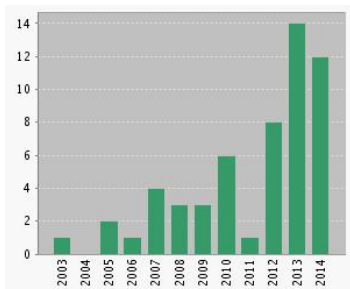
Исходя из приведенного нами анализа программ ведущих стран, можно сделать заключение о том, что исследования в области нейронаук и неврологии получили глобальное продвижение в последние годы, однако до сих пор знания о механизмах, лежащих в основе функционирования нервной системы в норме и при патологиях, остаются фрагментарными. Неврологические и психоневрологические расстройства несут существенную нагрузку и комплекс смешанных генетических и физиологических факторов. Для достижения цели понимания функционирования мозга мы должны устранить разрыв между открытиями, полученными в результате нейровизуальных исследований мозга, и данными исследований функционирования нервной системы на клеточном и молекулярном уровнях.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

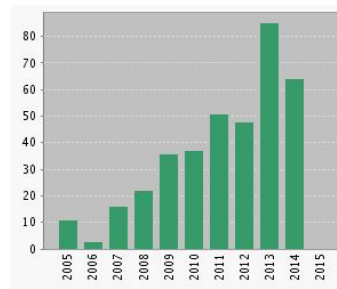
Библиометрический анализ научных публикаций по теме  
«Нейротехнологии» за 2004-2014 годы.

### Neurotechnologies

*Опубликовано*

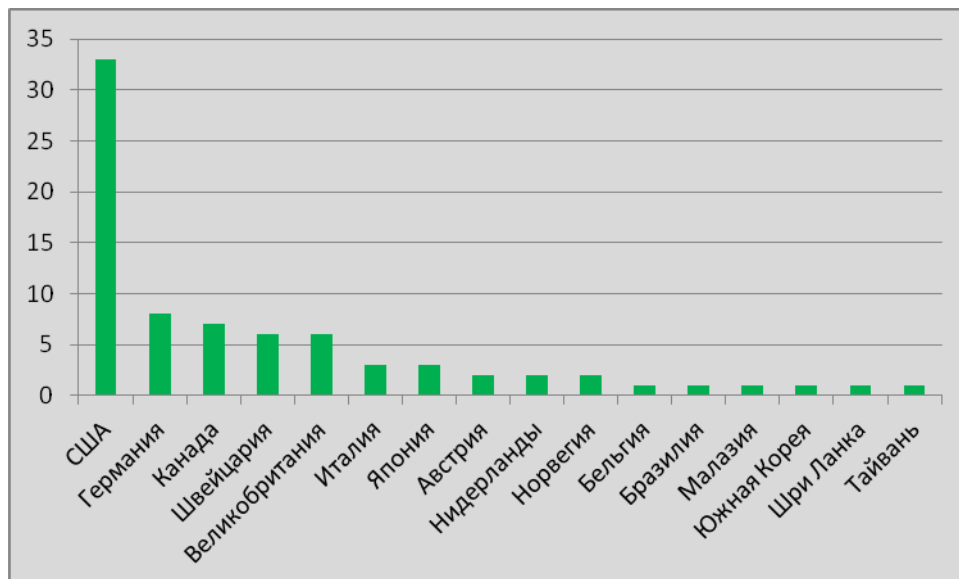


*Процитировано*



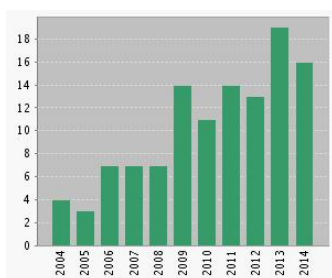
За период 2004-2014 годы было опубликовано 55 научных публикаций в англоязычных научных изданиях по запросу Neurotechnologies (Нейротехнологии), которые были процитированы 373 раза. Индекс Хирша 6,3.

Распределение публикационной активности по странам по запросу Neurotechnologies (Нейротехнологии):

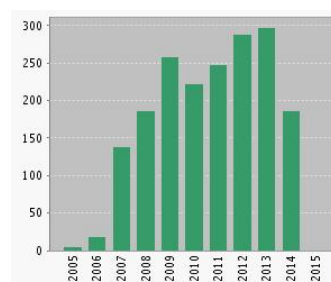


## Neurotechnology

*Опубликовано*

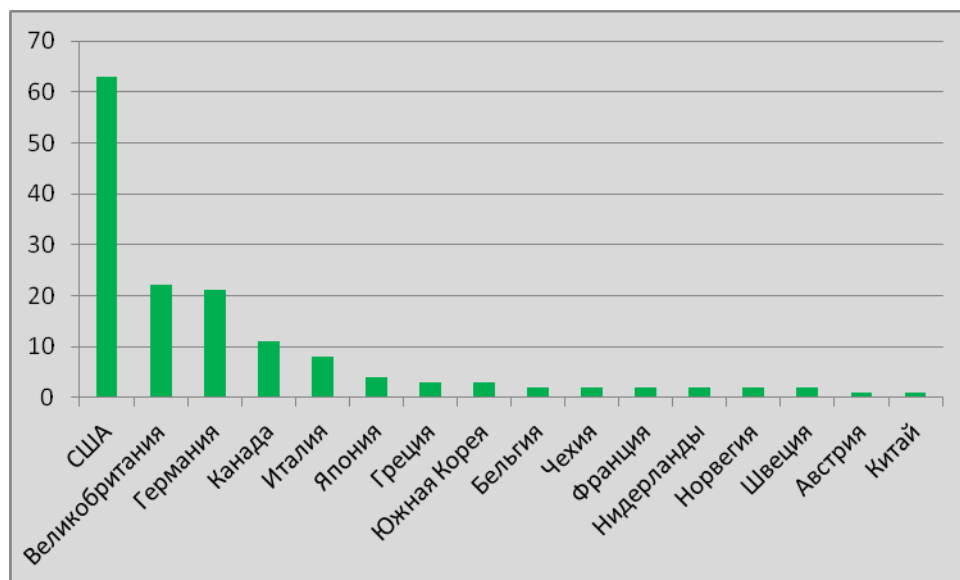


*Процитировано*



За период 2004-2014 годы было опубликовано 115 научных публикаций в англоязычных научных изданиях по запросу Neurotechnology (Нейротехнология), которые были процитированы 1848 раз. Индекс Хирша 15.

Распределение публикационной активности по странам по запросу Neurotechnology (Нейротехнология):



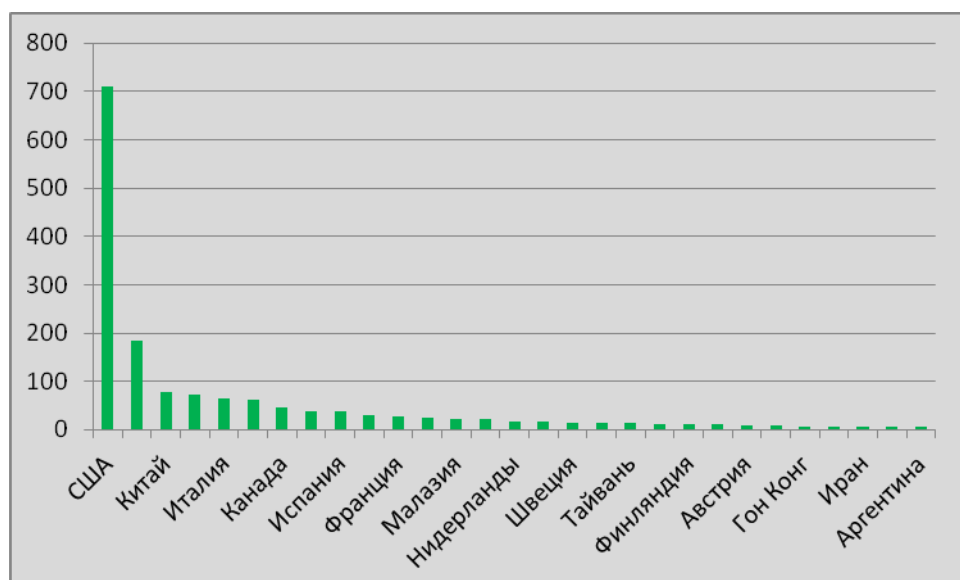


## Brain-machine interface



За период 2004-2014 годы было опубликовано 1386 научных публикаций в англоязычных научных изданиях по запросу Brain-machine interface (интерфейс мозг-компьютер), которые были процитированы 14006 раз. Индекс Хирша 56.

Распределение публикационной активности по странам по запросу Brain-machine interface (интерфейс мозг-компьютер):

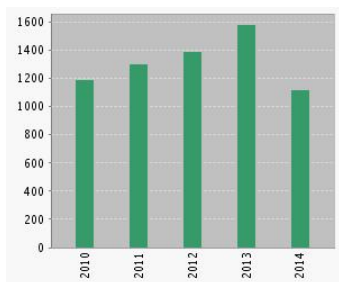


## Brain imaging

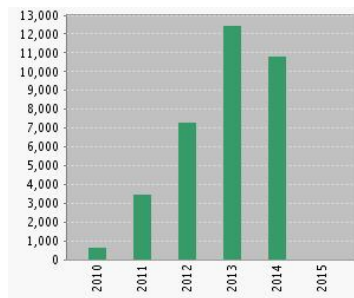
За период 2004-2014 годы было опубликовано 199267 научных публикаций в англоязычных научных изданиях по запросу Brain imaging (Визуализация мозга), по запросу fMRI Brain imaging (функциональная магнитно-резонансная визуализация мозга) было опубликовано 30938 научных публикаций. По запросу PET brain imaging (позитронно-эмиссионная томография) было опубликовано 14468 научных публикаций. По запросу EEG (электроэнцефалограмма мозга) было опубликовано 58967 научных работ.

По запросу Deep Brain Stimulation (глубокая стимуляция мозга) за период 2004-2014 годы было опубликовано 16417 научных работ. Только за последние 4 года опубликовано 9472 научных работы, которые были процитированы 348107 раз, индекс Хирша 61.

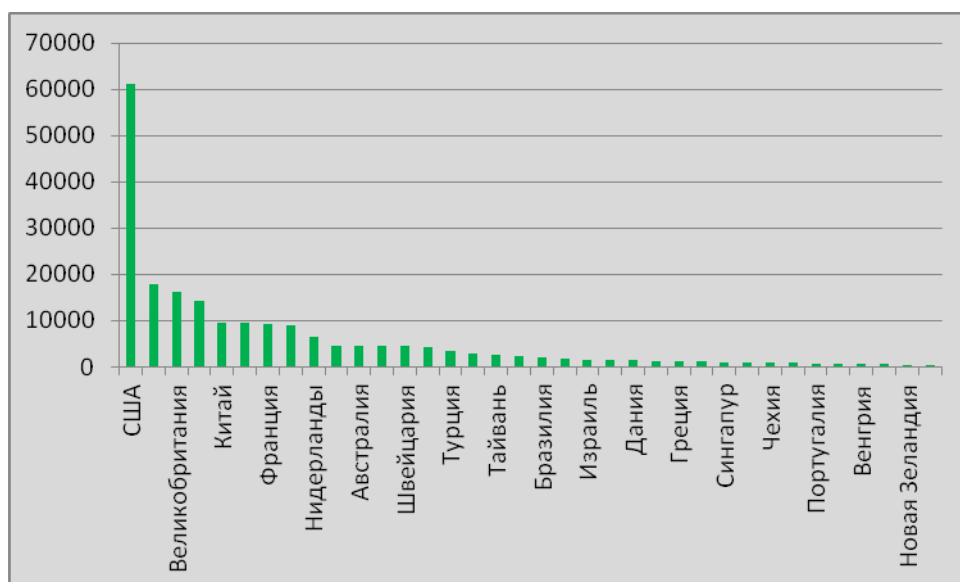
*Опубликовано*



*Процитировано*

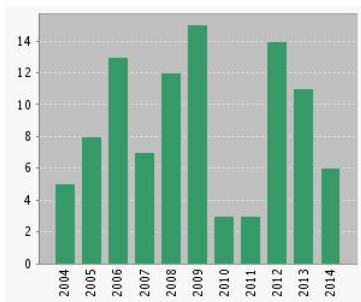


Распределение публикационной активности по странам по запросу Brain imaging (Визуализация мозга):

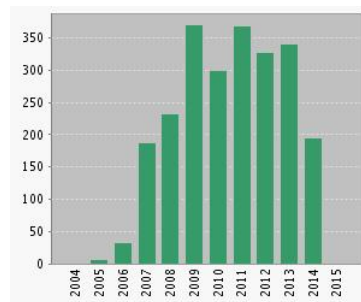


За период 2004-2014 годы было опубликовано 97 научных публикаций в англоязычных научных изданиях по запросу Brain Bionics (Бионика Мозга), которые были процитированы 2362 раз. Индекс Хирша 17.

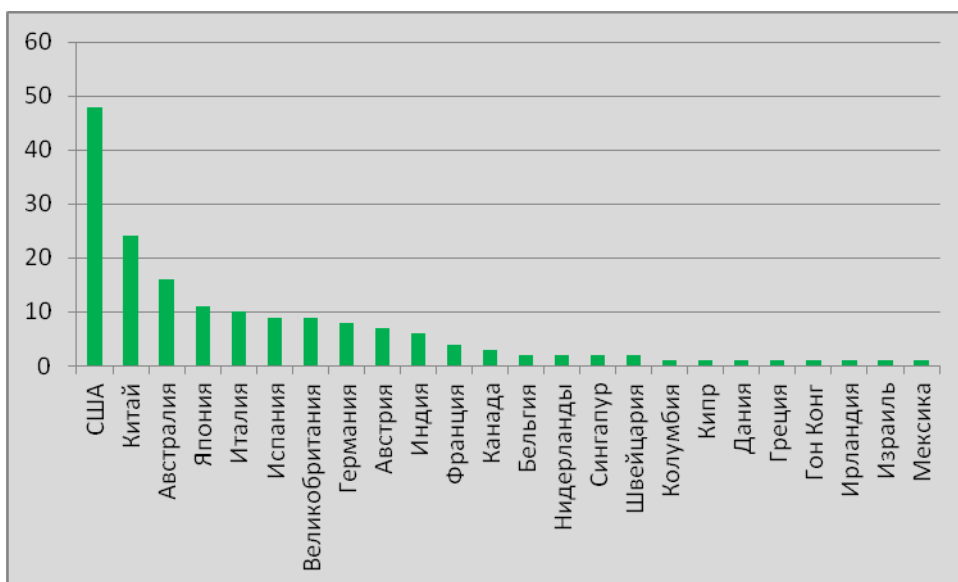
*Опубликовано*



*Процитировано*



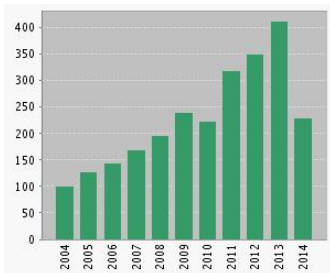
Распределение публикационной активности по странам по запросу Brain Bionics (Бионика Мозга):



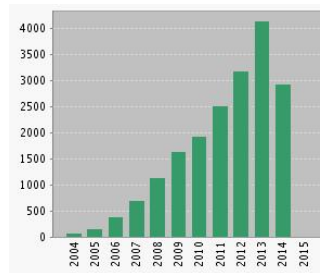
**Exoskeletons**

За период 2004-2014 годы было опубликовано 2512 научных публикаций в англоязычных научных изданиях по запросу Exoskeletons (Экзоскелеты), которые были процитированы 18793 раза. Индекс Хирша 56.

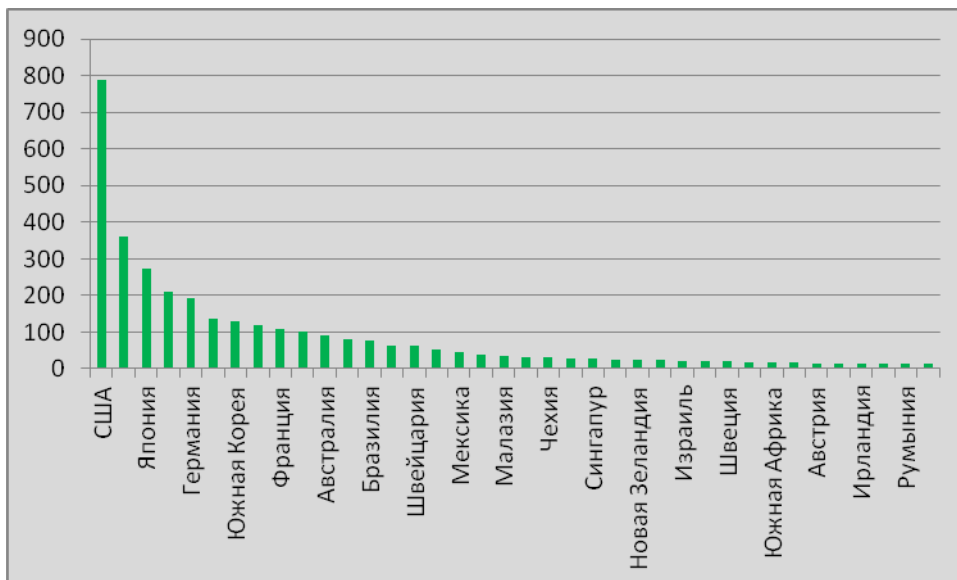
*Опубликовано*



*Процитировано*

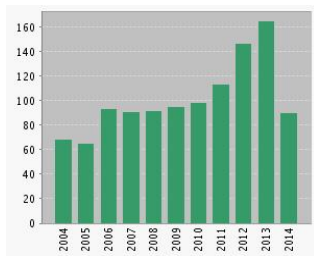


Распределение публикационной активности по странам по запросу Exoskeletons (Экзоскелеты):

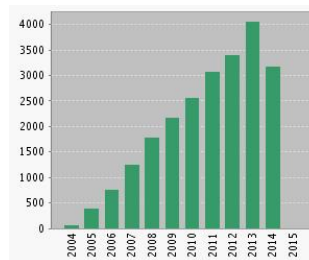


За период 2004-2014 годы было опубликовано 12961 научных публикаций в англоязычных научных изданиях по запросу Neuroimplants (Нейроимпланты). По запросу Neuroprotective Products (Нейропротекторы) опубликовано 1121 научная статья, которые были процитированы 22752 раза, индекс Хирша 71.

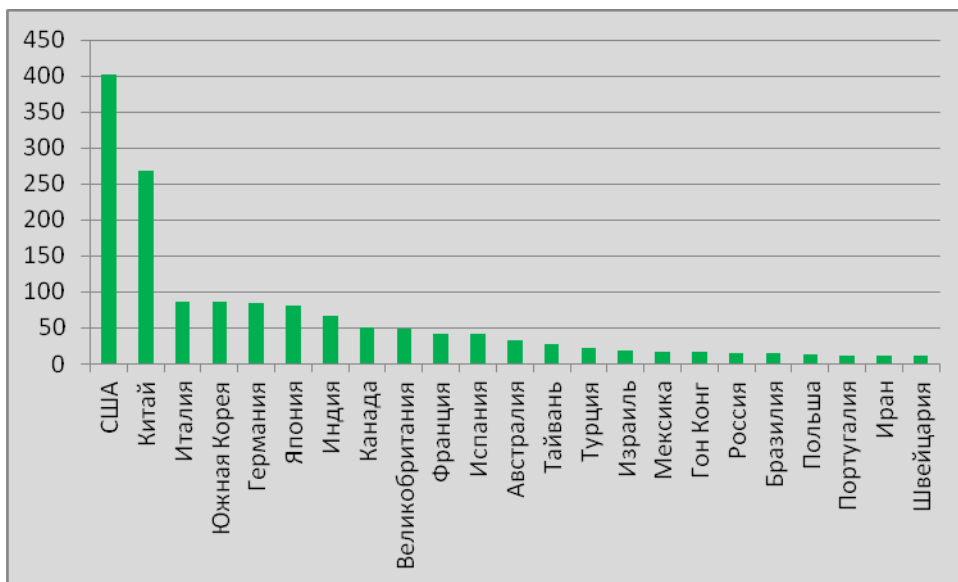
*Опубликовано*



*Процитировано*

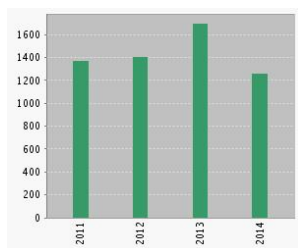


Распределение публикационной активности по странам по запросу Neuroprotective Products (Нейропротекторы):

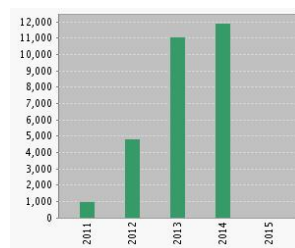


За период 2004-2014 годы было опубликовано 19819 научных публикаций в англоязычных научных изданиях по запросу Transcranial Magnetic Stimulation (Транскраниальная Магнитная Стимуляция). Только за последние 3 года было опубликовано 8776 научных работ, которые были процитированы 28789 раз. Индекс Хирша 48.

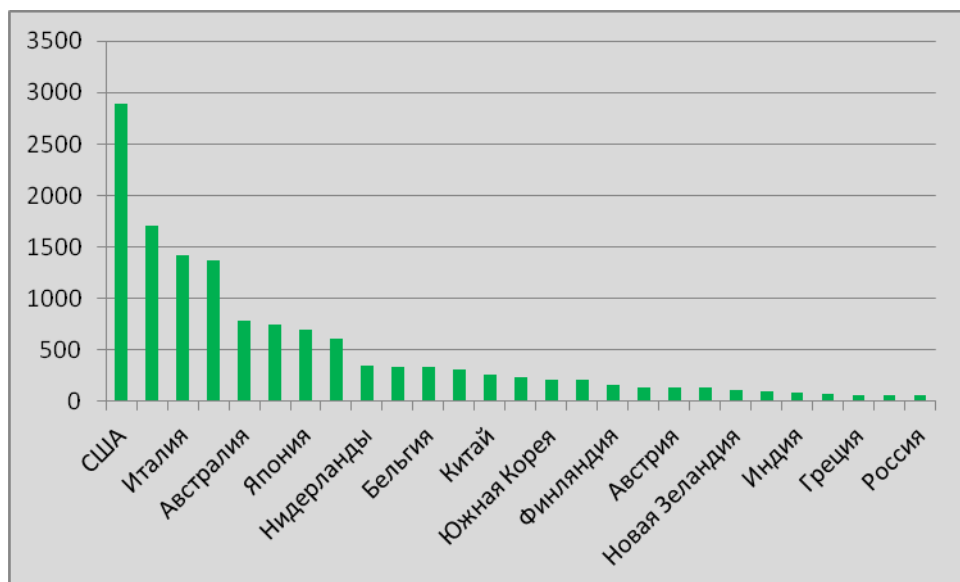
*Опубликовано*



*Процитировано*



Распределение публикационной активности по странам по запросу Transcranial Magnetic Stimulation (Транскраниальная Магнитная Стимуляция):

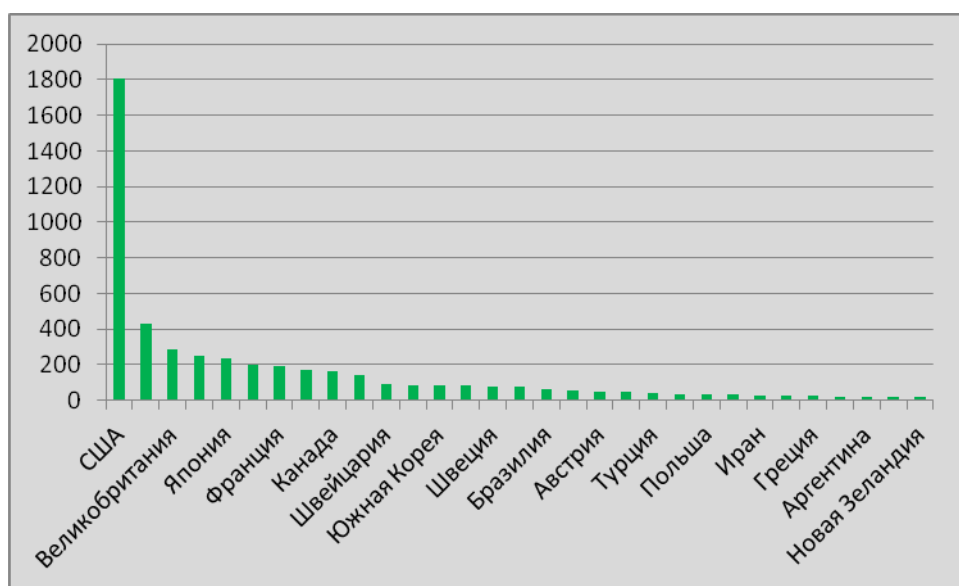


## Brain Implants

За период 2004-2014 годы было опубликовано 12961 научных публикаций в англоязычных научных изданиях по запросу Brain Implants (Мозговые Импланты). Только за последние 4 года по данной теме было опубликовано 6279 научных работ, которые были процитированы 27022 раза. Индекс Хирша 50.

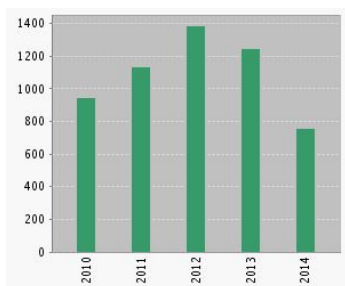


Распределение публикационной активности по странам по запросу Brain Implants (Мозговые Импланты):

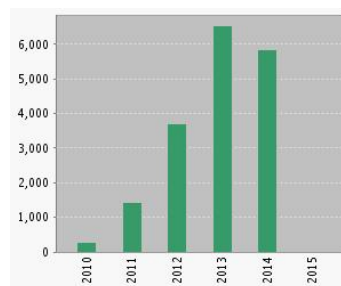


За период 2004-2014 годы было опубликовано 10577 научных публикаций в англоязычных научных изданиях по запросу Cognitive Neurotechnologies (Когнитивные Нейротехнологии). Только за последние 4 года по данной теме было опубликовано 6319 научных работ, которые были процитированы 17805 раза. Индекс Хирша 44.

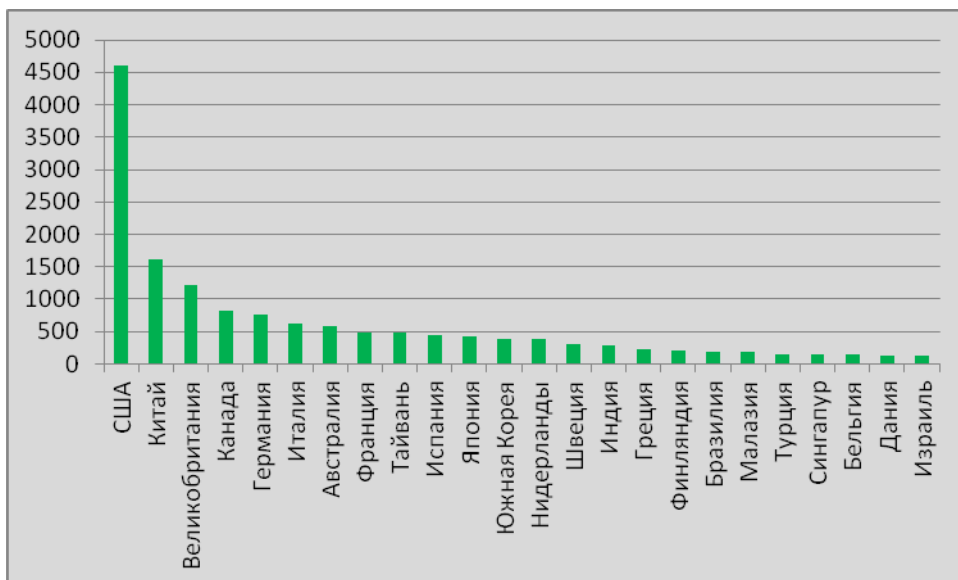
*Опубликовано*



*Процитировано*



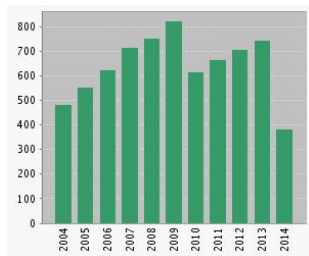
Распределение публикационной активности по странам по запросу Cognitive Neurotechnologies (Когнитивные Нейротехнологии):



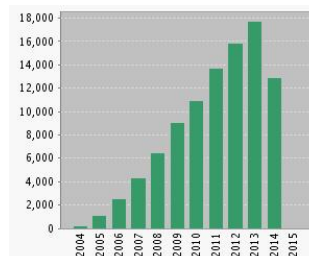


За период 2004-2014 годы было опубликовано 18829 научных публикаций в англоязычных научных изданиях по запросу Artificial Brain (Искусственный Функциональный Мозг). За последние 10 лет по данной теме было опубликовано 18829 научных работ, которые были процитированы 94876 раза. Индекс Хирша 110.

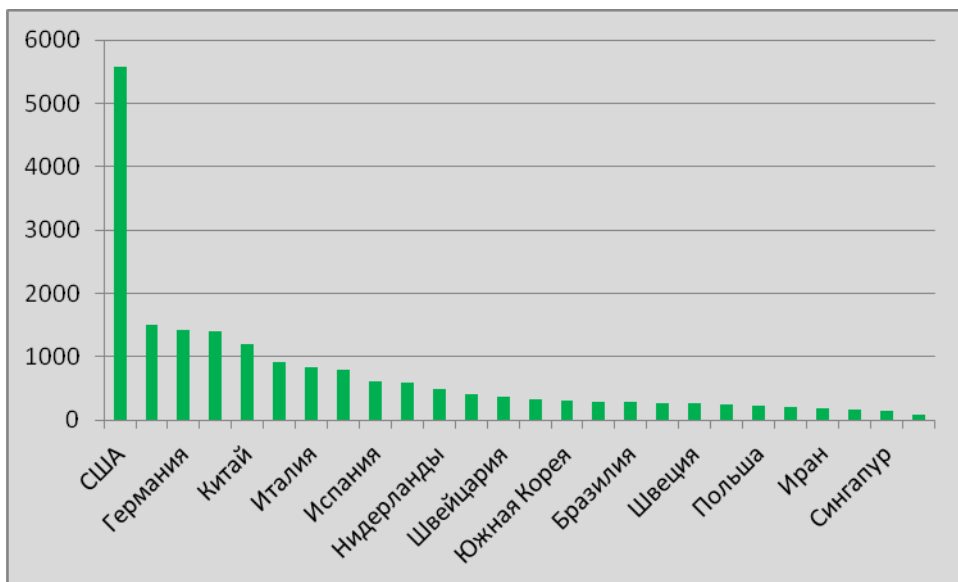
*Опубликовано*



*Процитировано*

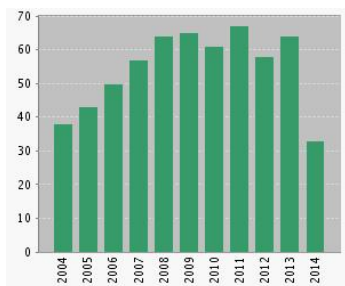


Распределение публикационной активности по странам по запросу Artificial Brain (Искусственный Функциональный Мозг):

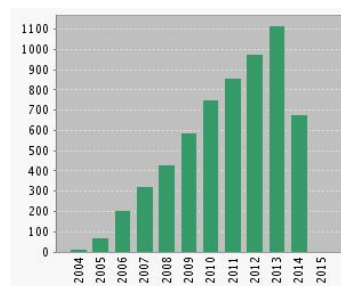


За период 2004-2014 годы было опубликовано 1247 научных публикаций в англоязычных научных изданиях по запросу Artificial Neuronal Networks (Искусственные Нейрональные Сети). За последние 10 лет по данной теме было опубликовано 600 научных работ, которые были процитированы 94876 раза. Индекс Хирша 38.

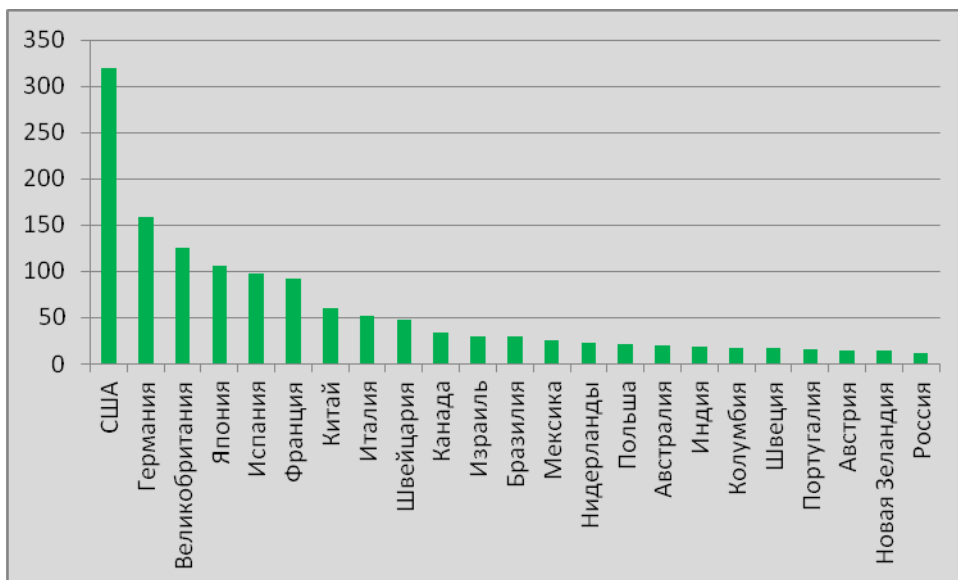
*Опубликовано*



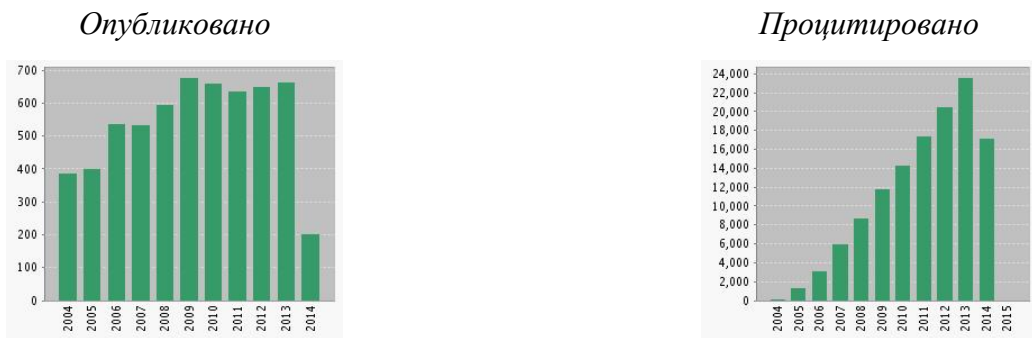
*Процитировано*



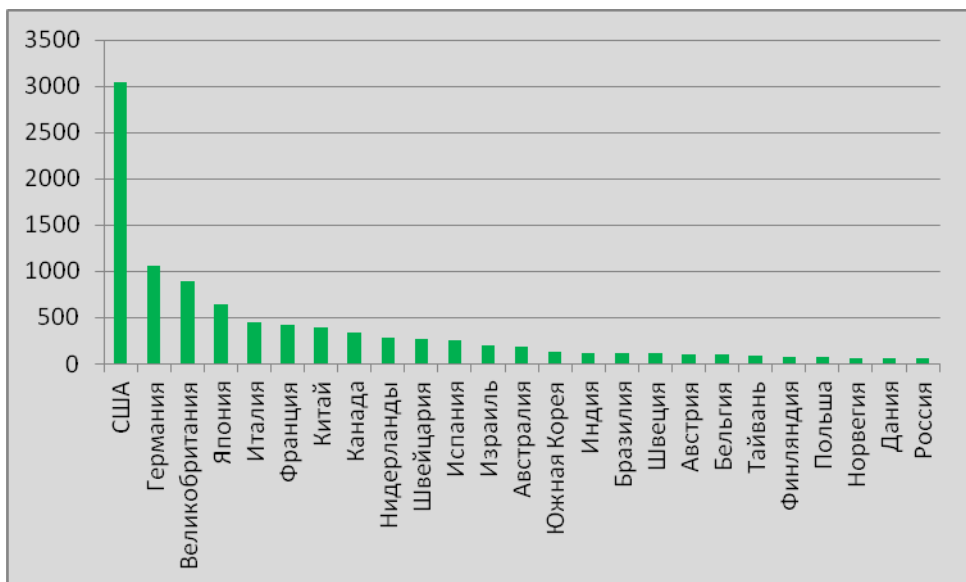
Распределение публикационной активности по странам по запросу Artificial Neuronal Networks (Искусственные Нейрональные Сети):



За период 2004-2014 годы было опубликовано 6524 научных публикаций в англоязычных научных изданиях по запросу Neuronal Computers (Нейрональные Компьютеры), которые были процитированы 18793 раза. Индекс Хирша 56. По запросу Neuroinformatics (нейроинформатика) за последние 10 лет было опубликовано 328 научных публикаций, которые были процитированы 2568 раз.

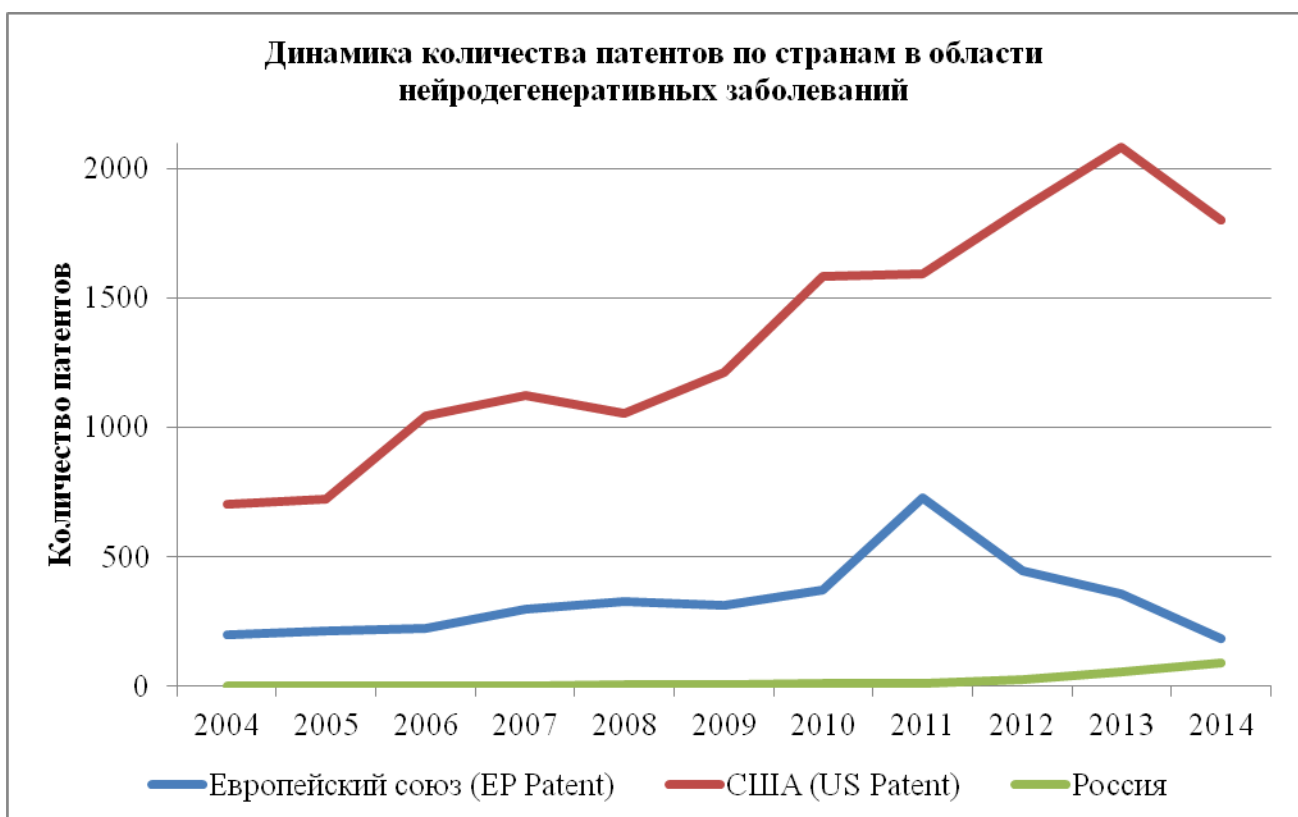


Распределение публикационной активности по странам по запросу Neuronal Computers (Нейрональные Компьютеры):



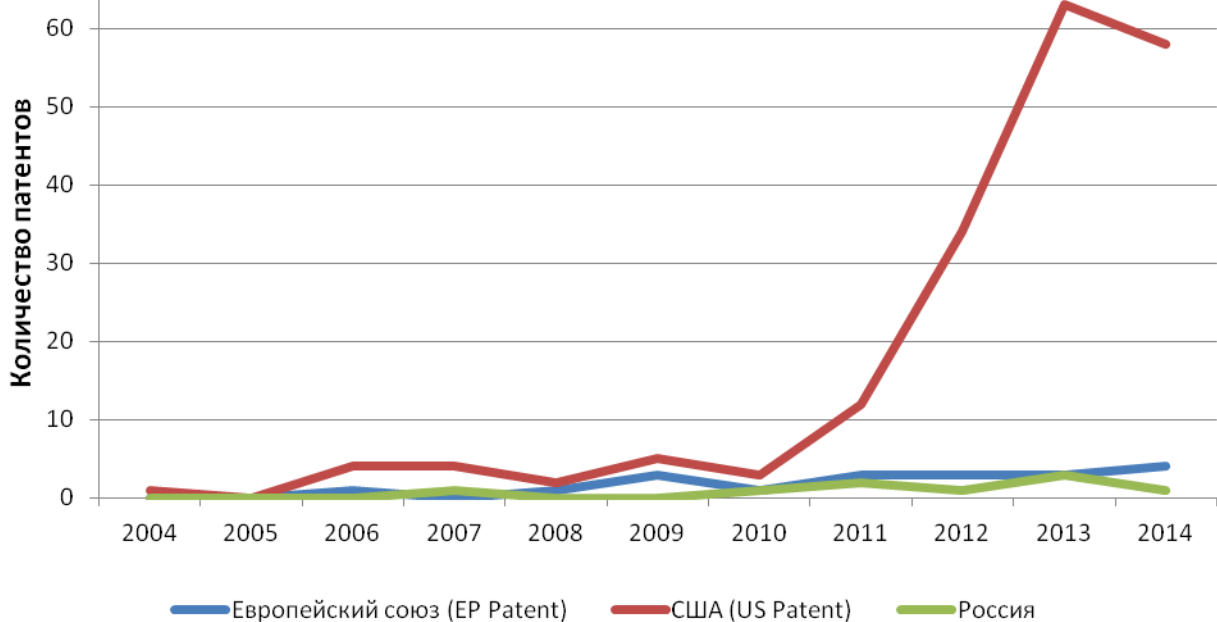
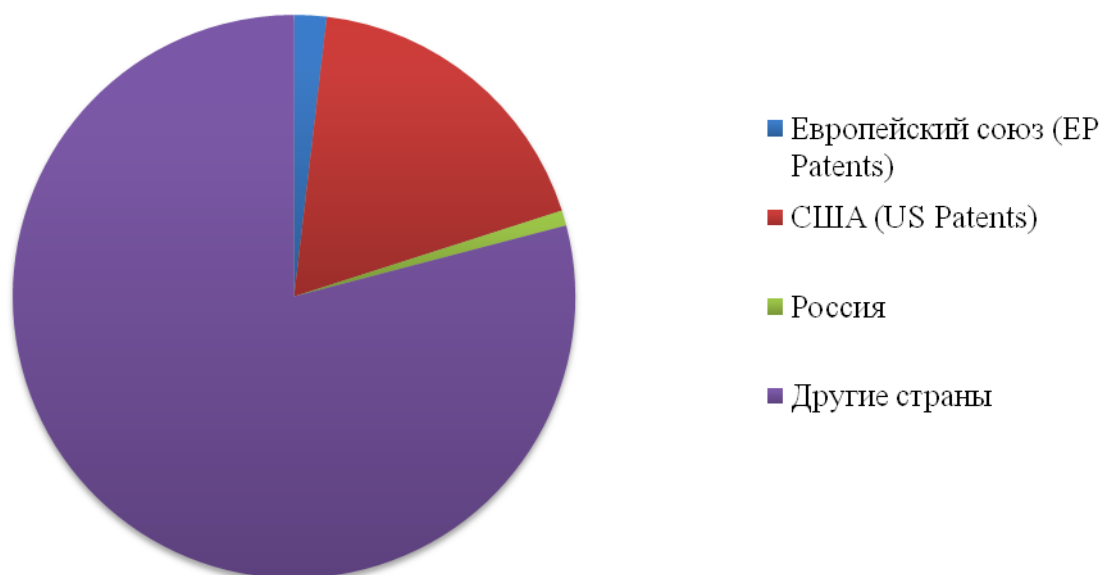
## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

### Анализ патентной активности Нейродегенеративные заболевания

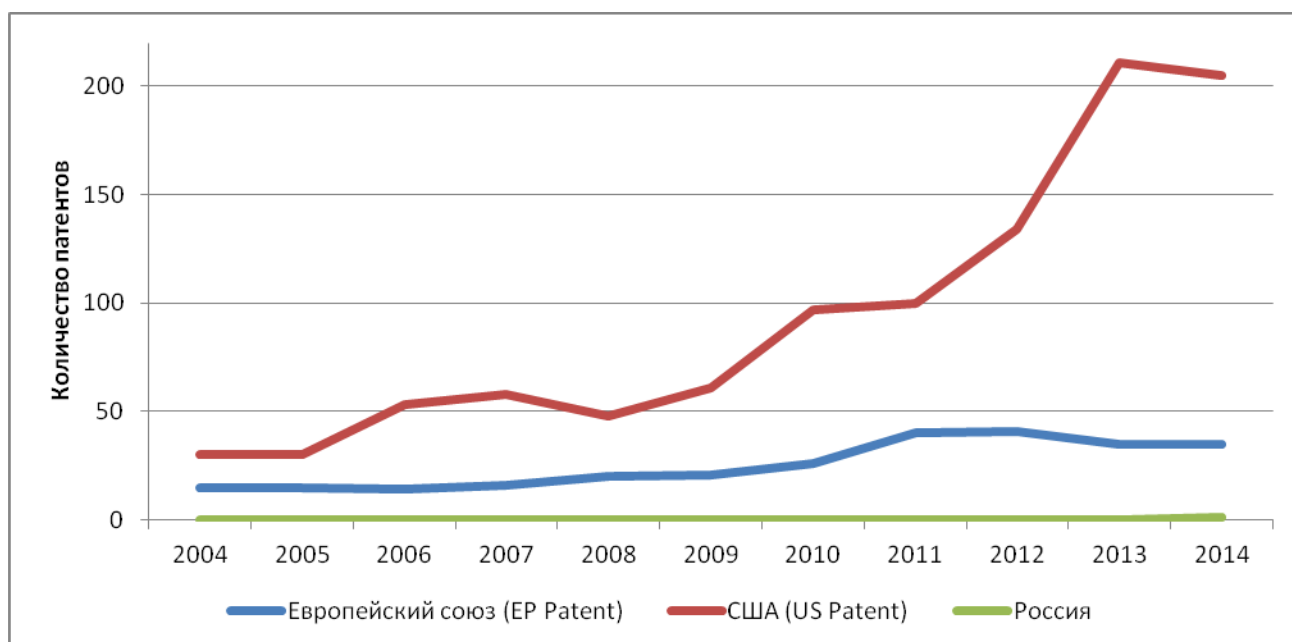


## Интерфейс мозг-компьютер

### Распределение по странам патентов в области мозг-компьютерных интерфейсов

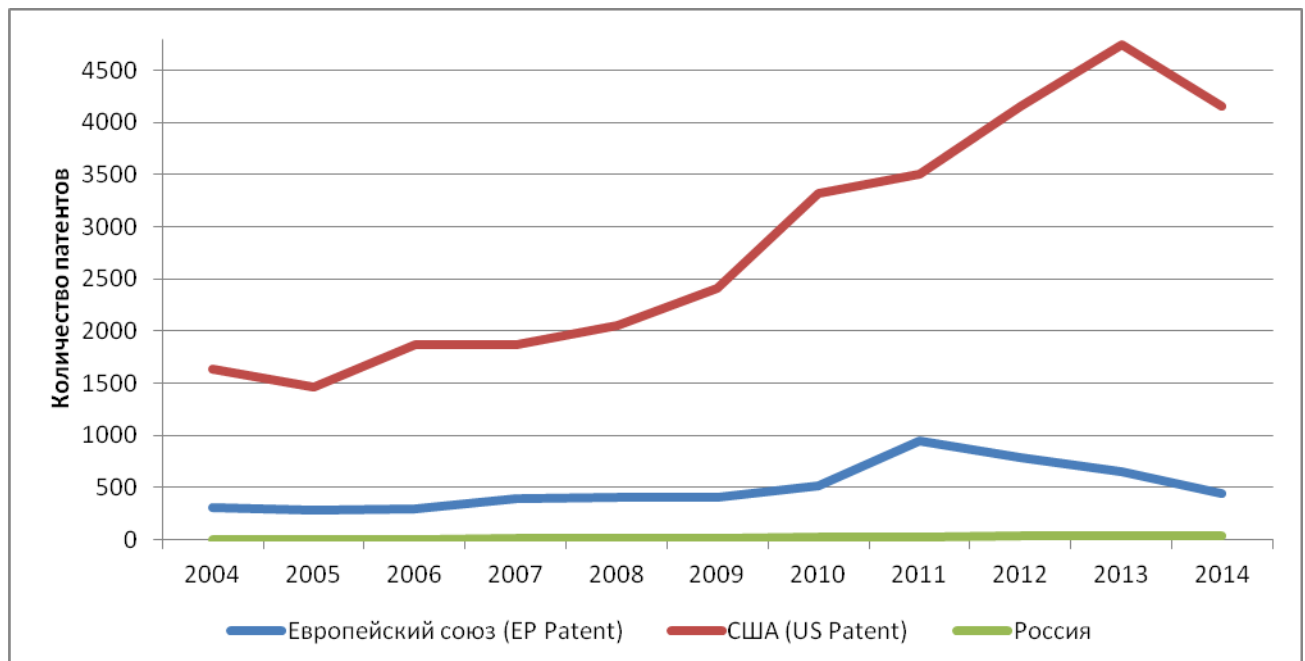
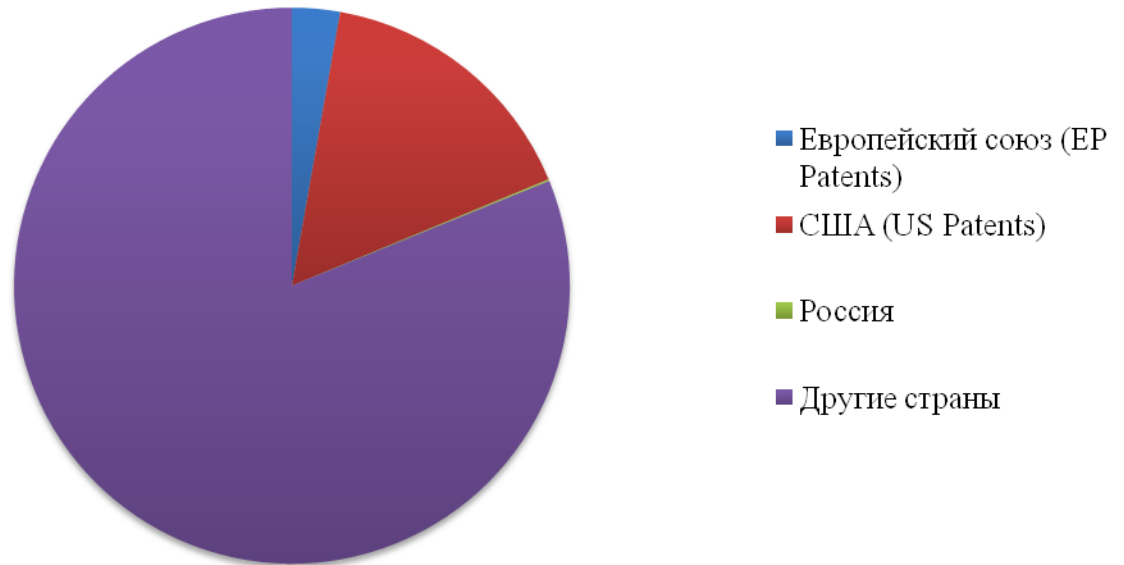


## Электроэнцефалограмма



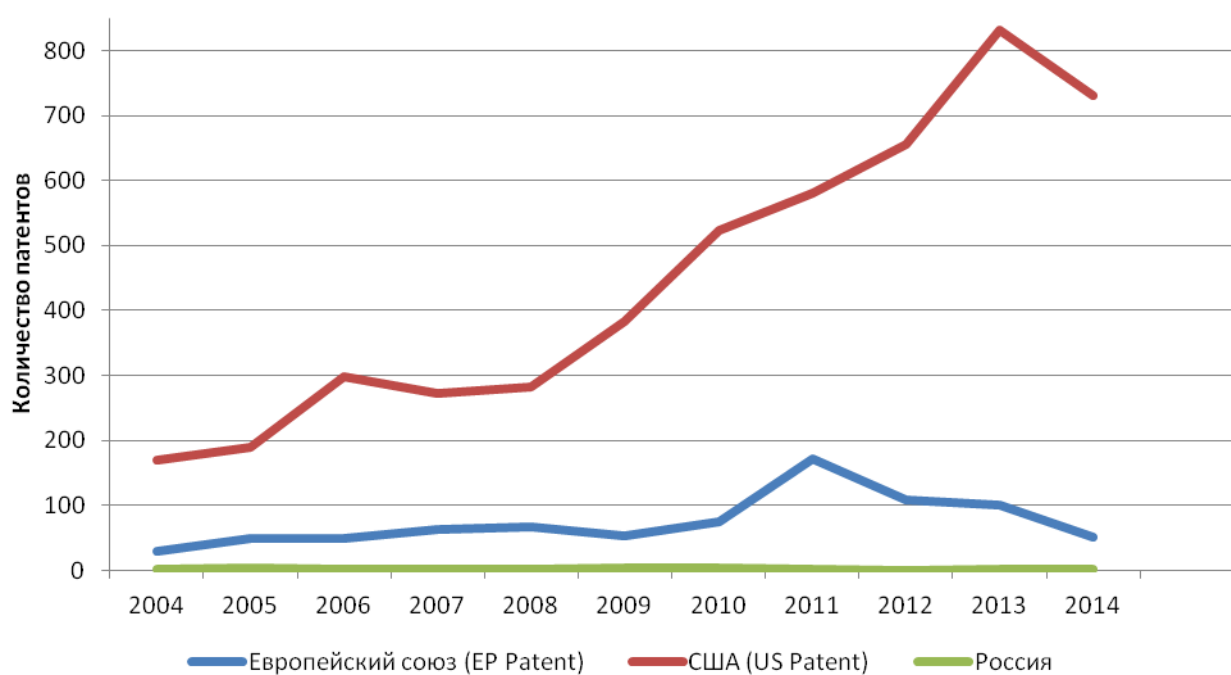
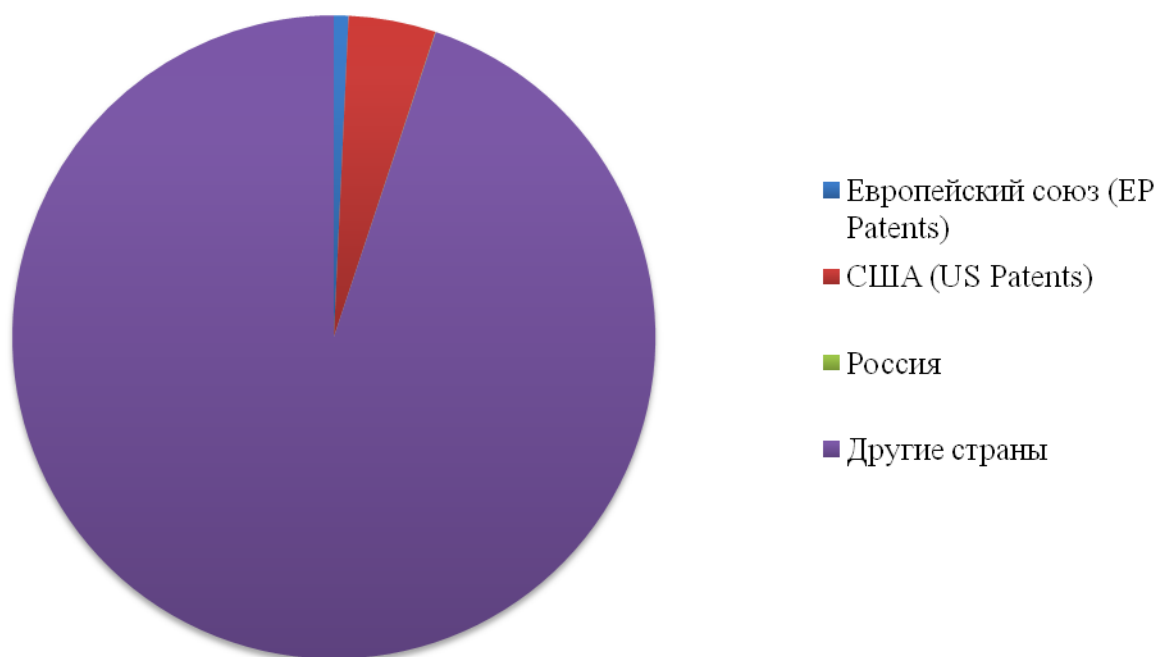
## Магнитно-резонансная томография

### Распределение по странам патентов в области магнитно-резонансной томографии



## Нейронные сети

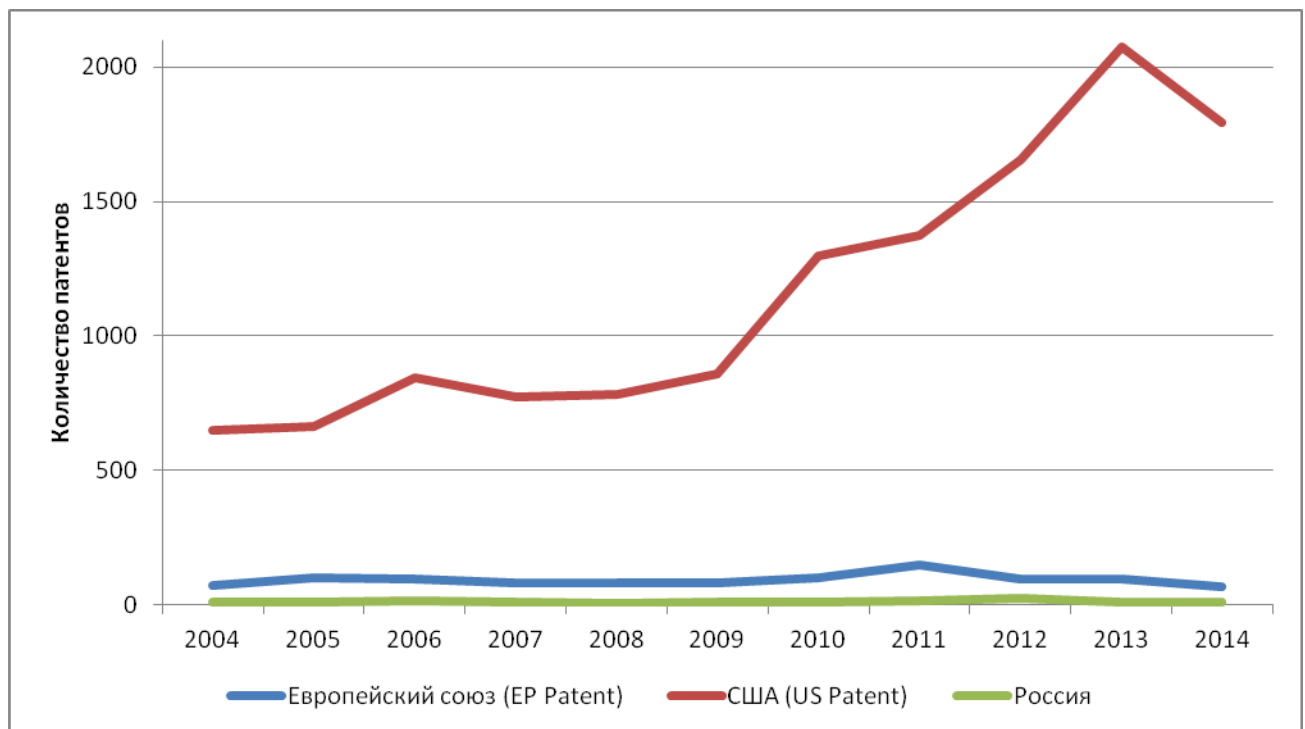
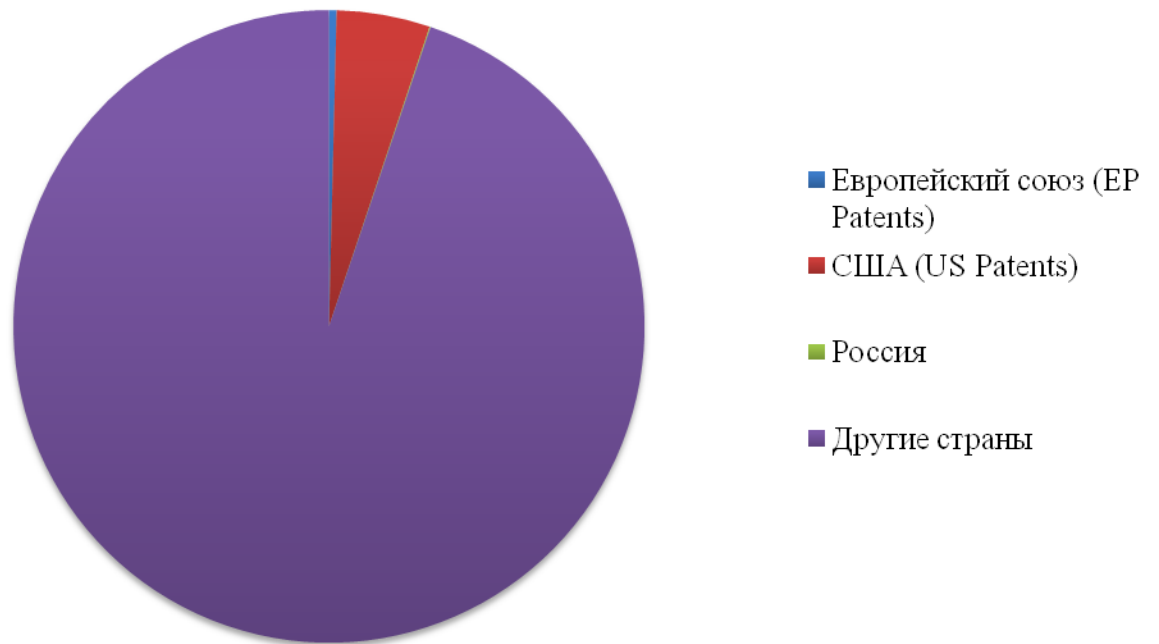
**Распределение по странам патентов в области разработки и применения нейронных сетей**





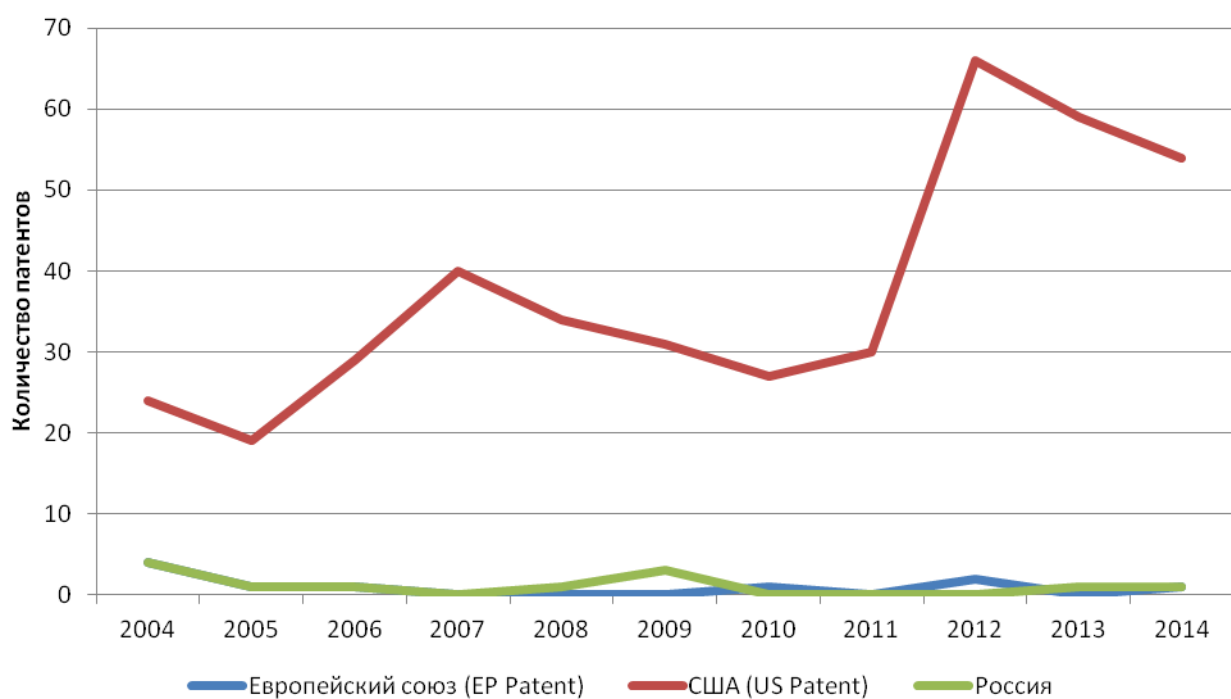
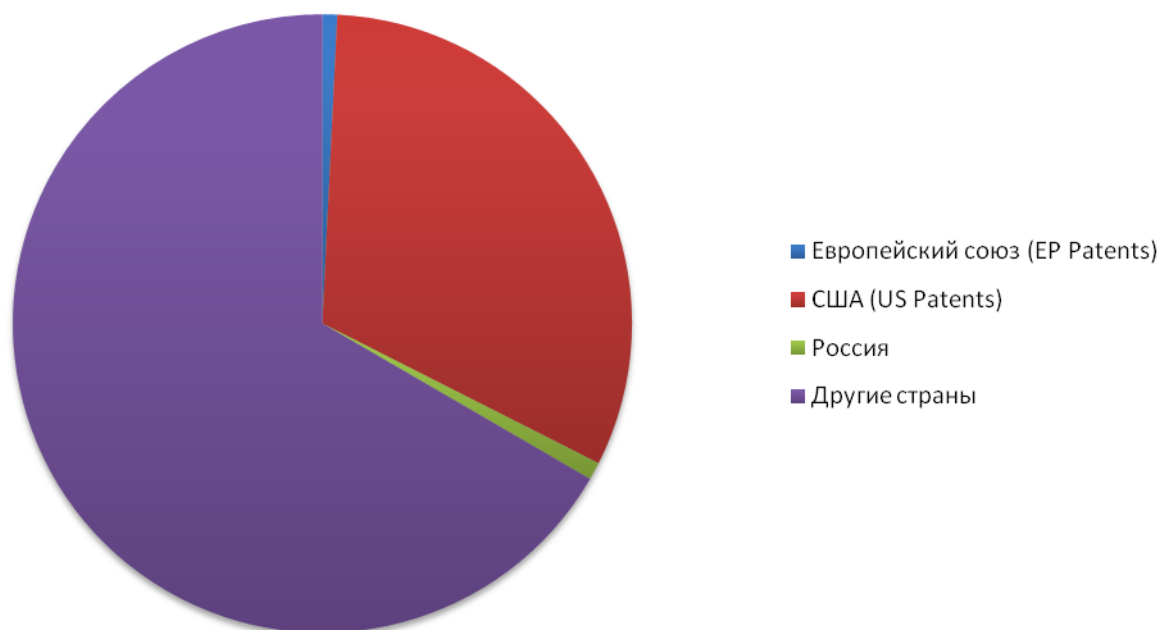
## Робототехника

### Распределение по странам патентов в области робототехники



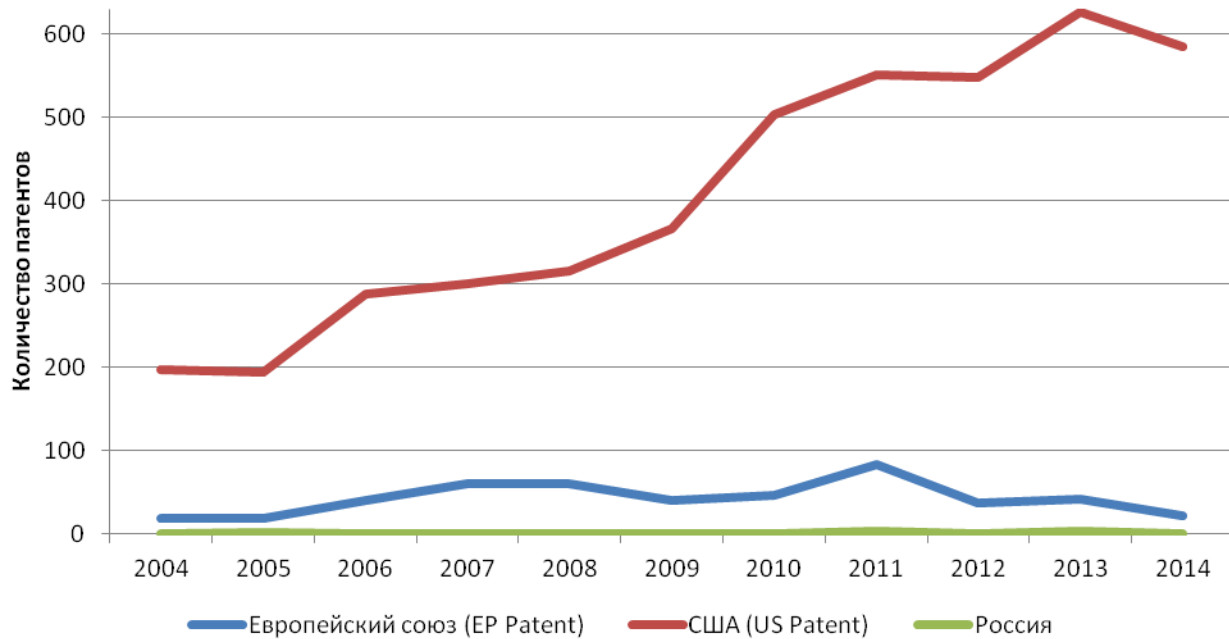
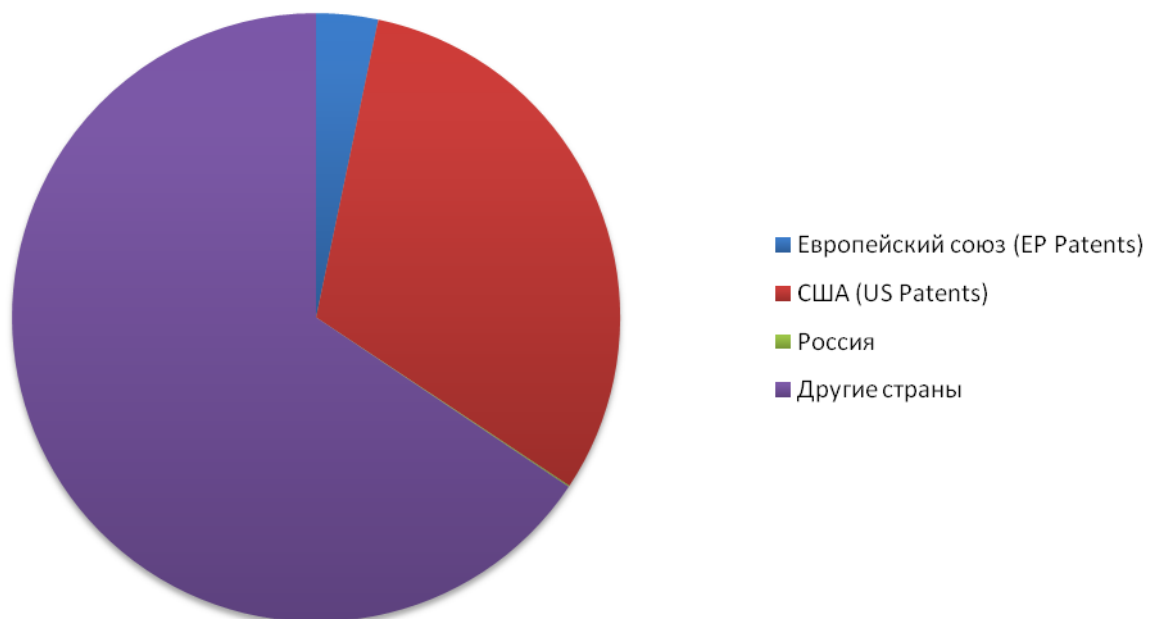
## Искусственный интеллект

**Распределение по странам патентов в области разработок и применения искусственного интеллекта**



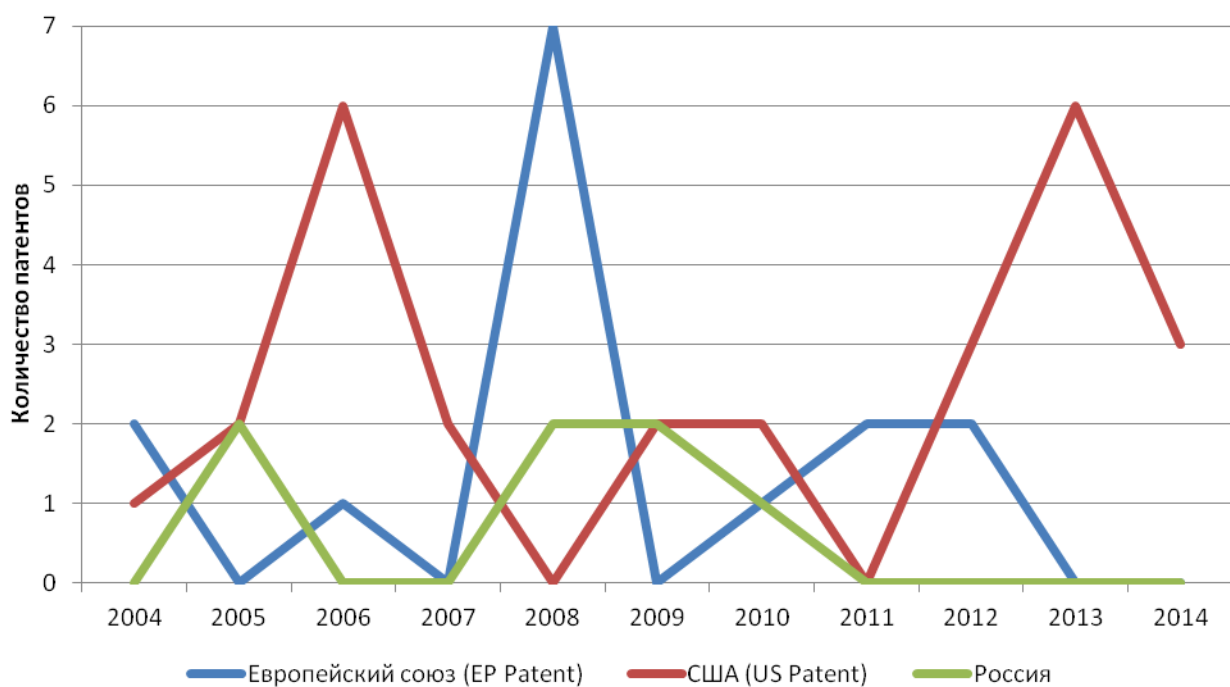
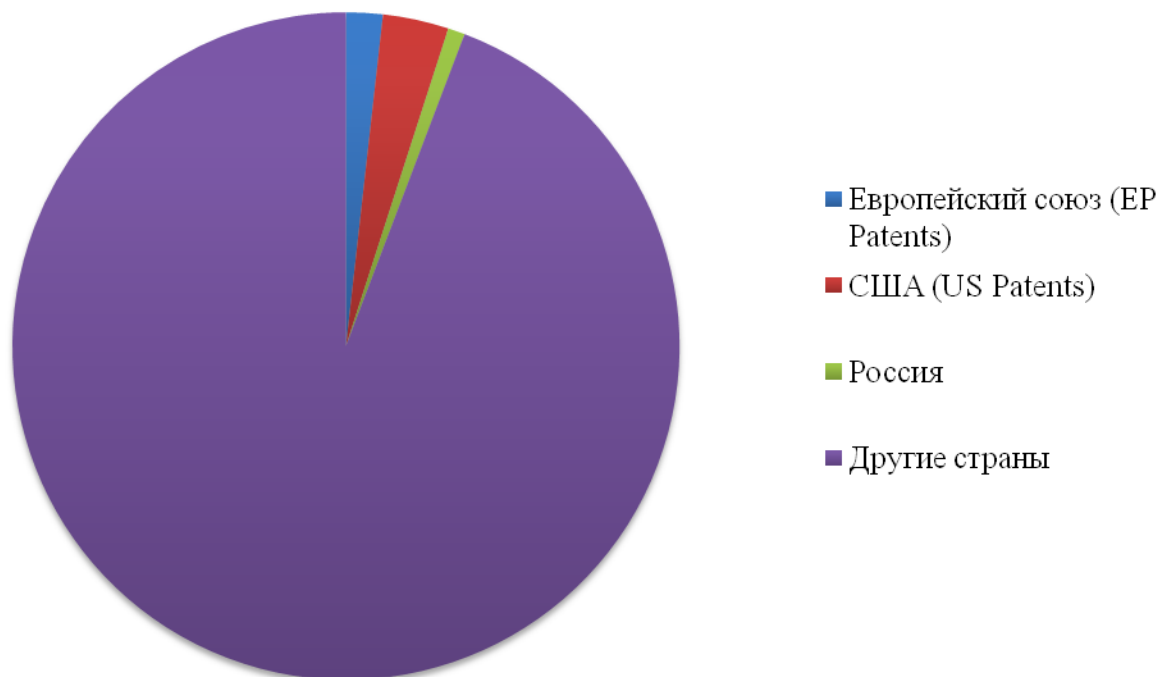
## Нейробиология

### Распределение по странам патентов в области нейробиологии



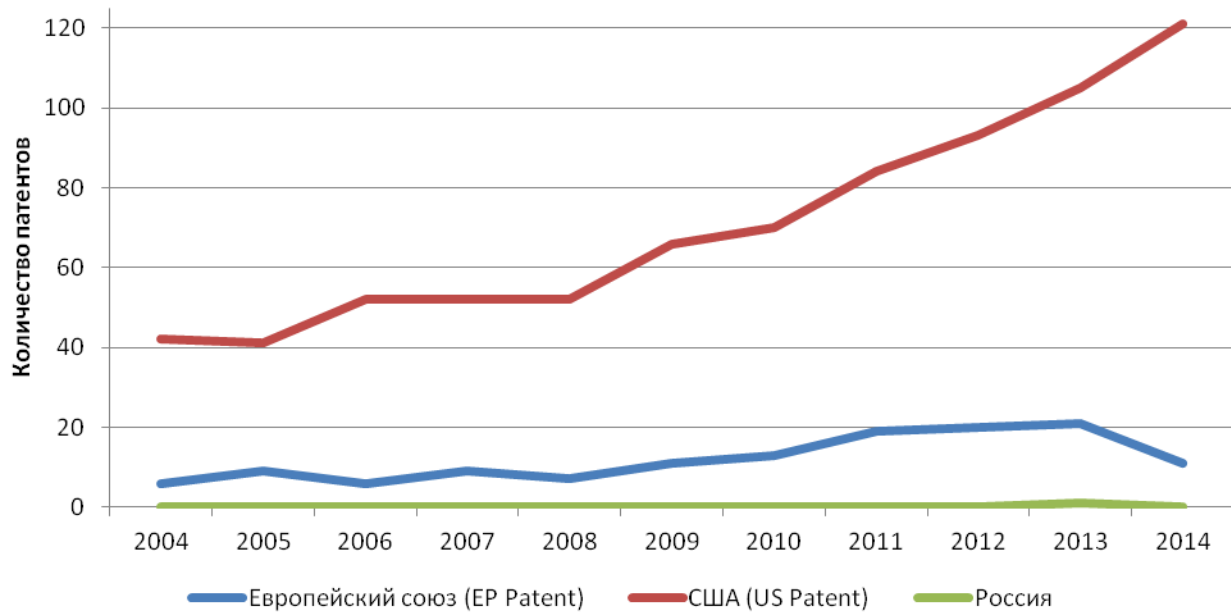
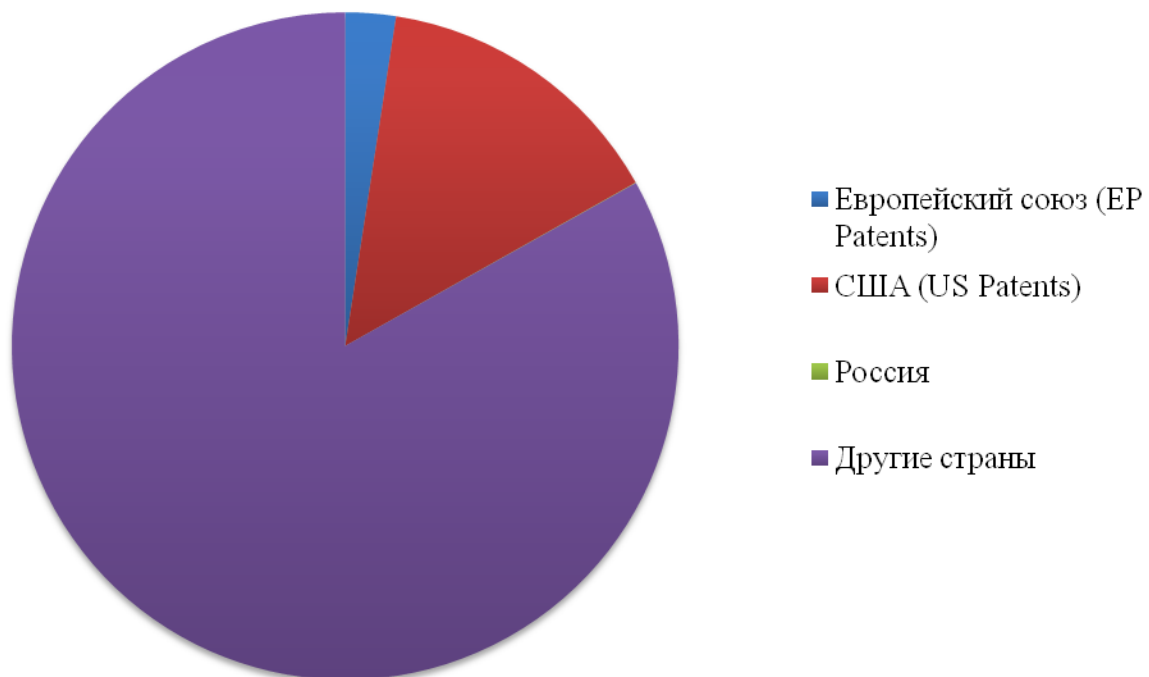
## Нейрокомпьютер

Распределение по странам патентов в области разработок и применения нейрокомпьютеров



## Экзоскелеты

**Распределение по странам патентов в области разработок и применения экзоскелетов**



## Стимуляция мозга

Распределение по странам патентов в области разработок устройств для стимуляции мозга

