

МЕДИЦИНА И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

НЕЙРОТЕХНОЛОГИИ: ПРИКЛАДНОЙ ИНТЕРЕС

Изучение нейронной организации и связанных с ней психических функций – ключевое направление фундаментальных нейронаук (нейробиологии, нейроинформатики, нейропсихологии). Для его успешного развития необходимо усовершенствование методов регистрации метаболической и электрической активности нейронов как в лабораторных условиях, так и в обычной жизни. Разработки нейротехнологий на основе полученных данных позволяют решать серьезные задачи в области управления мозговыми функциями и расширять возможности мозга, в первую очередь у больных с неврологическими и психическими заболеваниями. При повреждении мозга и при разрушении его структурных элементов (у больных, перенесших инсульт или травматическое повреждение тканей мозга) возникает другая потребность – в замещении нервной ткани. Для реабилитации таких больных актуальны разработки нейроинженерии по генерации новых тканей мозга путем их моделирования, конструирования и синтеза.

В настоящем выпуске представлены технологии записи нейрональной активности, сделавшие возможным исследование особенностей когнитивной функции человека на клеточном уровне и причинно-следственных отношений наблюдаемых связей. Наиболее передовые нейротехнологии управления функциями мозга позволят вывести на новый уровень терапию нейродегенеративных заболеваний и разработку интерфейсов взаимодействия человека со средой. Особый интерес представляют разработки в области биоинженерии нервной ткани. Ожидается, что именно это направление кардинальным образом изменит эффективность мероприятий по нейро-реабилитации.

Трендлetter выходит 2 раза в месяц.

Каждый выпуск посвящен одной теме:

- **Медицина и здравоохранение**
- Рациональное природопользование
- Информационно-коммуникационные технологии
- Новые материалы и нанотехнологии
- Биотехнологии
- Транспортные средства и системы
- Энергоэффективность и энергосбережение

В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

Рациональное природопользование

Мониторинг глобальных технологических трендов проводится Институтом статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) (issek.hse.ru) в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ.

При подготовке трендлetterа были использованы следующие источники:

Прогноз научно-технологического развития РФ до 2030 года (prognoz2030.hse.ru), материалы научного журнала «Форсайт» (foresight-journal.hse.ru), данные Web of Science, Orbit, grandviewresearch.com, prnewswire.com, nuffieldbioethics.org, bnci-horizon-2020.eu, arxiv.org и др.

Более детальную информацию о результатах исследования можно получить в ИСИЭЗ НИУ ВШЭ: issek@hse.ru, +7 (495) 621-82-74.

Над выпуском работали:

Руслан Сайгитов, Оксана Зинченко, Анна Соколова, Анна Гребенюк, Лилия Киселева, Анна Шестакова, Татьяна Кольцова.

© Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2016

ПРОГРЕССИВНЫЕ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ МОЗГОВОЙ АКТИВНОСТИ

Электрическая активность нейронов отражает высшую нервную деятельность мозга (мышление, ориентация во времени и пространстве и пр.). Регистрация этой активности может происходить непосредственно – с помощью имплантируемых микрочипов. Но ввиду травматичности такого способа в исследованиях человека распространение получили неинвазивные техники записи нейрональной активности, как электрической (электроэнцефалография, ЭЭГ), так и метаболической (функциональная томография, фМРТ). Однако интерпретация нейрональных сигналов затруднена наличием «шума» (активности нецелевых нейрональных групп), а их запись – задержкой сигнала и стационарным характером записывающих устройств.

Решить проблему интерпретации нейрональной активности можно путем применения интегрированных вычислительных моделей, использующих техники обучения с подкреплением – новые статистические подходы к обработке данных томографии. Интерпретировать частные корреляции кластеров нейронной активации и осуществлять картирование мозга помогают методы машинного обучения. Новым шагом в развитии систем прямой регистрации мозговой активности стала так называемая нейронная пыль (neural dust) – наноразмерные сенсоры, способные не только считывать электрическую активность нейронов, но и транслировать ее на внешние, в том числе портативные устройства записи и декодирования сигналов мозговой активности.

Технологическая эволюция: регистрация мозговой/нейрональной активности



Эффекты

- Разработка гибких и точных методов биологической обратной связи на уровне отдельных нейронов (от клетки к клетке)
- Прорывы в понимании природы взаимодействия отдельных нейронов
- Моделирование нейронального сигнала для конструирования искусственных нейроимплантов
- Совершенствование интерфейсов «мозг-компьютер»
- Функциональное картирование мозга
- Создание классификации психических расстройств, базирующейся на результатах реконструкции функциональных связей специфичных областей мозга

Оценки рынка

\$1,46 млрд

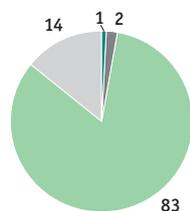
к 2020 году достигнет объем глобального рынка мозговых компьютерных интерфейсов (ожидаемый среднегодовой темп прироста объема рынка в период с 2014 по 2020 гг. – 11,5%). В 2013 году доля рынка неинвазивных мозговых компьютерных интерфейсов составила 85% от общего объема рынка мозговых компьютерных интерфейсов, и она продолжает расти.

Драйверы и барьеры

- ↑ Реализация технологических инициатив и объединенных исследовательских программ (BRAIN Initiative, Human Connectome Project, Humane Brain Project)
- ↑ Развитие сенсорных технологий
- ↑ Развитие рынка нейроигровых приложений
- ↑ Запрос на технологии двойного назначения
- ↓ Низкий уровень междисциплинарности в исследовательских программах

Структурный анализ:

ожидаемая структура рынка интерфейсов «мозг-компьютер» в ЕС к 2020 г., %



- Крупные компании
- Некоммерческие организации
- Средний и малый бизнес
- Стартапы

Международные научные публикации



Международные патентные заявки



Уровень развития технологии в России



«Заделы» – наличие базовых знаний, компетенций, инфраструктуры, которые могут быть использованы для форсированного развития соответствующих направлений исследований.

ГИБКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ФУНКЦИЯМИ МОЗГА

Управление функциями мозга экспериментальных животных традиционно опирается на использование имплантируемых металлических электродов. При глубокой стимуляции мозга они позволяют неспецифично контролировать мозговую активность и у человека (например, при болезни Паркинсона). Однако распространение этой технологии и ее широкое клиническое применение ограничено риском развития реакций иммунного отторжения, формирования рубцовой ткани, активации нецелевых нейрональных групп. Интерес к технологиям управления функциями мозга связан с перспективами их возможного использования в немедицинских практиках, в частности в брейн-фитнесе.

Новые разработки в области малоинвазивных гибких электронных устройств регистрации мозговой активности позволяют успешно решать задачи целевого (на уровне нейронных сетей) и продолжительного по времени кодирования нейронального сигнала, а также терапевтической стимуляции мозга на основе получаемой информации. Однако действительный прорыв в изучении функций мозга и разработке способов контроля над ними должны обеспечить гибридные технологии, базирующиеся на использовании генно-инженерно-модифицированных нейронов, чувствительных к свету (оптогенетика), ультразвуку (соногенетика), магнитным полям (технология Magneto). Уже сейчас рассматриваются возможности применения этих технологий для восстановления зрения и контроля сердечной активности.

Технологическая эволюция: управление мозговой/нейрональной активностью

Реконструкция движений из сигналов нейронов, разработка нейрокомпьютерных интерфейсов (Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе)
1970-е

Имплантация в мозг полностью парализованного человека микроэлектрода, позволяющего управлять курсором на мониторе компьютера
1998

Появление инъекционной электроники, технологии ультразвукового (соногенетика) и электромагнитного (Magneto) управления функциями нейронов
2015



Эффекты

- Переход к неинвазивным и беспроводным технологиям модуляции нейрональной активности
- Прорывы в изучении функций нейронов в условиях повседневной жизнедеятельности
- Усиление функций мозга при функционировании в особых условиях
- Повышение эффективности в лечении болезней периферической и центральной нервной системы
- Использование устройств электрической импульсации для неинвазивного лечения
- Повышение эффективности и скорости обучения, адаптации нервной системы к изменениям среды с применением интерфейсов «мозг-компьютер»

Оценки рынка

19,5 %

составят ожидаемые среднегодовые темпы прироста объема рынка стимуляторов крестцового нерва в период с 2014 по 2020 гг. В 2013 г. объем рынка технологий стимуляции спинного мозга достигал 2 млрд долларов, а общий объем рынка нейростимулирующих устройств – 3,44 млрд долларов.

Драйверы и барьеры

- ↑ Развитие сенсорики на основе нанотехнологий
- ↑ Запрос на новые методы лечения нейродегенеративных заболеваний
- ↑ Развитие рынка нейроигровых приложений
- ↑ Запрос на технологии двойного назначения
- ↓ Этические ограничения широкого применения технологий управления функциями мозга

Структурный анализ:

объем продаж устройств для нейростимуляции на североамериканском рынке, млрд долларов



Международные научные публикации



Международные патентные заявки



Уровень развития технологии в России

«Заделы» – наличие базовых знаний, компетенций, инфраструктуры, которые могут быть использованы для форсированного развития соответствующих направлений исследований.

ВЕРНУТЬ УТРАЧЕННОЕ: ТРАНСПЛАНТАЦИЯ ТКАНИ МОЗГА

Сегодня уже возможна трансплантация печени, почек, сердца, легких человеку, находящемуся в критическом состоянии. Однако мозг как управляющая система высшего порядка пока не подлежит замене. Пересадке донорских тканей мозга препятствуют высокая дифференцированность нервных клеток, иммунная несовместимость с чужеродными тканями, невозможность функциональной интеграции донорской нервной ткани. Попытки трансплантации отдельных клеток оказались малоэффективными ввиду низкой выживаемости нейронов. Решение было найдено в области тканевой инженерии (нейроинженерии).

Доставка и интеграция в тканевое окружение будущих нервных клеток с целью повышения их выживаемости была реализована благодаря применению технологии 3D-микропечати структурного аналога мозговой ткани с использованием собственных стволовых клеток, генетически перепрограммированных в нейроны. Эта трансформация стволовых клеток осуществляется с помощью различных технологий, наиболее перспективная из которых – редактирование генома. Накопление нейронов с последующим послойным формированием целевого фрагмента мозга позволяет воссоздать жизнеспособный и иммунологически нейтральный имплант. В результате имплантации новой ткани удастся добиться воссоздания поврежденной ткани мозга, а значит, решить задачу лечения травматических повреждений мозга и таких не излечимых на сегодняшний день заболеваний, как боковой амиотрофический склероз, болезнь Паркинсона, рассеянный склероз.

Технологическая эволюция: нейроинженерия



Эффекты

- ➔ Разработка новых методов лечения нейродегенеративных болезней и травм
- ➔ Клиническое применение технологий прицельного соединения целевых нейронов
- ➔ Снижение инвалидизации населения трудоспособного возраста
- ➔ Более эффективная инклюзия в общество людей с биологическими имплантатами
- ➔ Развитие клеточных технологий, позволяющих развивать способности человека

Оценки рынка

\$5 млрд

к 2022 г. достигнет объем рынка тканевой инженерии в США. В 2014 г. он составлял около 2,5 млрд долларов, или половину объема глобального рынка.

Драйверы и барьеры

- ↑ Продолжение «декады нейронаук» (BRAIN Initiative, Human Connectome Project, Humane Brain Project)
- ↑ Развитие технологий нейротезирования и тканевой инженерии, их широкое клиническое применение
- ↓ Этический кодекс, ограничивающий тестирование новых методов клеточной трансплантации у человека
- ↓ Недостатки биосовместимых материалов, являющиеся причиной отторжения нейроимплантов

Структурный анализ:

доля нейроинженерии в объеме рынка тканевой инженерии в США, млрд долларов



Международные научные публикации



Международные патентные заявки



Уровень развития технологии в России

«Заделы» – наличие базовых знаний, компетенций, инфраструктуры, которые могут быть использованы для форсированного развития соответствующих направлений исследований.