

В.А. Симелин, Е.А. Никитина

Интерфейс мозг-компьютер как символ коэволюции человека и техники

Симелин Владимир Александрович – аспирант. ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет». Российская Федерация, 119454, г. Москва, пр. Вернадского, д. 78; e-mail: vsimelin@yandex.ru

Никитина Елена Александровна – доктор философских наук, доцент, профессор. ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет». Российская Федерация, 119454, Москва, пр. Вернадского, д. 78; e-mail: nikitina@mirea.ru

В статье рассматривается одна из ключевых проблем цифровой трансформации общества – проблема адаптации человека к усложнившейся информационно-технологической среде цифрового общества и возросшей информационной нагрузке. Одним из перспективных направлений решения этой проблемы является развитие нейротехнологий и, в частности, интерфейса мозг-компьютер. Рассмотрены возможности и перспективы применения интерфейса мозг-компьютер и нейротехнологий. Показано, что разработка нейротехнологий и, в частности, интерфейса мозг-компьютер должна сопровождаться изучением и ранним предупреждением рисков, связанных с их развитием и применением, а также выявлением и обсуждением социальных, этических и экзистенциальных проблем развития нейротехнологий и выработкой способов их решения. Важная задача научного сообщества – формирование общественного дискурса по различным аспектам применения нейротехнологий человеком.

Ключевые слова: коэволюция человека и техники, сложные человекомерные саморазвивающиеся системы, цифровые технологии, нейротехнологии, интерфейс мозг-компьютер, социальная оценка техники

Введение

Современное информационное общество вступило в период зрелости: обновилась информационно-технологическая структура общества, информационно-коммуникационная среда, жизненный мир человека, интенсивно развиваются цифровые технологии. Информационно-технологическая волна, обновляя социальность, уносит в глубины культурного слоя устаревающие формы социального взаимодействия и способы социализации, неэффективные формы взаимодействия человека и техники.

Все более очевидной и острой становится проблема адаптации человека к новому технологическому укладу, усложнившейся информационно-технологической среде повседневной жизни и профессиональной деятельности, постоянному росту информационной нагрузки и информационного разнообразия. Проблема состоит не только и не столько в необходимости освоения массовым пользователем компьютерной и информационной грамотности. Это происходило и происходит, но объективно возникла общественная потребность в новом способе управления сложной информационно-технологической средой, потребность в новом способе коммуникации человека и техники в системах «человек-машина» и других сложных саморазвивающихся системах, создаваемых современной цивилизацией в процессе инновационной деятельности. Прежние способы взаимодействия техники и человека трудоемки, сложны и не всегда эффективны.

Сформировалась данная потребность во многом под влиянием тенденций развития индустрии 4.0 и цифровой трансформации основных сфер жизнедеятельности общества, следствием которых становится персонализация, обращенность функционирования социальных институтов к индивиду. Именно благодаря цифровым технологиям обеспечивается возможность доставки информации непосредственно конкретным потребителям, при этом информационные и цифровые технологии включаются в социальное взаимодействие, становятся частью социального действия, реализацией определенной стратегии, которую вырабатывает и осуществляет аппарат управления, и перестают быть ценностно нейтральными. Так, отмечается, что цифровые технологии начинают оказывать «организующее, стимулирующее либо ограничивающее воздействие на социальное поведение» [Грунвальд, Ефременко, 2021, с. 44]. Перевод межличностных взаимодействий и коммуникации в цифровой формат практически ведет к тому, что постоянное использование этого формата программирует определенный «набор социальных правил и базовых ценностей», которые затем автоматизируются, детализируются и могут быть перенесены в юридическую сферу [Там же, с. 45].

Объяснение происходящих процессов становится возможным при обращении к исследованиям закономерностей сложных саморазвивающихся систем, включающих человека. В этих сложных системах в процессе развития возникают новые уровни организации, при этом система дифференцируется, и в ней появляются новые подсистемы, «перестраивается блок управления, возникают новые параметры порядка, новые типы прямых и обратных связей» [Степин, 2018, с. 34]. Цифровая трансформация, развитие таких цифровых

технологий, как большие данные, нейротехнологии и искусственный интеллект, промышленный интернет, технологии беспроводной связи, технологии виртуальной и дополненной реальностей, цифровые двойники и др., собственно, и порождают эти новые уровни организации и управления, формируя новые типы прямых и обратных связей.

Саморазвитие в таких сложных технологических системах, создаваемых человеком с определенными целями, осуществляется посредством информационно-коммуникационной технологической среды. Эта среда играет важную роль в коэволюции человека, техники и общества, которая проявляется в двух взаимодополняющих тенденциях: оснащении технических систем интеллектуальными системами обработки информации и управления и технологизации человеческой деятельности и познания [Лекторский, Кудж, Никитина, 2014]. В результате возрастает информационная нагрузка на человека и возникает необходимость в упрощении, оптимизации взаимодействия и коммуникации человека с информационно-технологической средой, формируется потребность в разработке новых способов коммуникации человека и техники [Алексеева, Никитина, 2016].

Основой нового способа интеграции человека с технологической средой в условиях возрастания сложности техносферы могут стать и уже становятся нейротехнологии. В настоящее время «рынок средств человеко-машинных коммуникаций, основанных на передовых разработках в нейротехнологиях и повышающих продуктивность человеко-машинных систем, производительность психических и мыслительных процессов», только начинает формироваться [Нейронет, web]. В Нейронете, который, как предполагается, постепенно вытеснит Интернет, участники будут взаимодействовать с помощью нейрокомпьютерных интерфейсов, что будет способствовать адаптации человека к сложной информационно-технологической среде современного общества. Одновременно увеличится производительность мыслительных и психических процессов, что позволит человеку справляться с возрастающей информационной нагрузкой.

Нейротехнологии и интерфейс мозг-компьютер: возможности и перспективы применения

В основе создания нейротехнологий – принципы функционирования нервной системы. Нейротехнологии в настоящее время находятся на начальном этапе развития потребительского рынка. Вместе с тем определены наиболее перспективные области применения нейротехнологий: управление техническими системами и устройствами, коммуникация, медицинская сфера (нейропротезирование, позволяющее восстанавливать двигательные, чувствительные и познавательные способности человека, разработка средств для реабилитации), нейроразвлечения (брейн-фитнес, дистанционный спорт, игры полного погружения), нейроэкономика (изучение и прогнозирование поведения покупателей на основе биометрических данных и нейроданных), нейрообразование (нейроинтерфейсы, новые способы обучения с использованием технологий виртуальной и дополненной реальностей, создание устройств для тренировки

памяти), нейроассистенты, нейрокоммуникация между людьми, между людьми и машинами (интерфейсы мозг-компьютер) [Каплан, Кочетова, Шишкин и др., 2013].

Предполагается, что развитие нейрокоммуникации совершит революцию в коммуникации, превосходящую все предшествующие революции – появление письменности, книгопечатания, телеграфа, телефона, Интернета.

Эксперты подчеркивают, что многие нейротехнологии находятся еще на стадии создания прототипов, на этапе проектирования, а некоторые уже применяются, например, в медицине, но в ограниченном числе случаев. Наиболее перспективными считаются рынки нейротехнологий для медицины, поддержания здоровья, для образования и коммуникаций.

Одна из перспективных нейротехнологий (с точки зрения развития коммуникации человека и машины) и одновременно быстроразвивающихся областей нейронаучных исследований – интерфейс мозг-компьютер (ИМК).

Интерфейс мозг-компьютер – это система, использующая информацию об активности мозга для управления внешними устройствами «без участия нервов и мышц» [Атанов, Иваницкий Г., Иваницкий А., 2016, с. 5]. Существуют различные определения интерфейса мозг-компьютер. Вместе с тем есть такие свойства ИМК, которые будут названы практически в любом определении: способность интерфейса мозг-компьютер напрямую определять активность мозга; способность обеспечивать обратную связь в реальном или близком к реальному времени; способность классифицировать активность мозга и обеспечивать обратную связь с пользователем, которая отражает, успешно ли он/она достиг(ла) цели.

Интерфейс мозг-компьютер измеряет активность мозга. Электрическая активность мозга регистрируется электродами на коже головы (неинвазивные интерфейсы) и на поверхности коры головного мозга или непосредственно в тканях коры головного мозга (инвазивные интерфейсы). Интерфейс обнаруживает сигналы, передающие намерение, эти сигналы усиливаются и оцифровываются. Соответствующие характеристики сигнала извлекаются, обрабатываются с помощью компьютера и переводятся в команды, которые могут управлять приложениями или внешними устройствами. ИМК обеспечивает прямую связь, не мышечную коммуникацию между живой нейронной тканью, мозгом и искусственным устройством, компьютером [Wolpaw et al., 2002]. Записанные данные используются в большинстве случаев для управления такими устройствами, как протезы, инвалидные коляски или компьютерное программное обеспечение, например курсор или приложения для письма. Во многих конструкциях эти внешние устройства обеспечивают обратную связь, позволяющую пользователям ИМК изменять свою мозговую активность для достижения желаемых целей и результатов [Wolpaw et al., 2020]. Неинвазивные интерфейсы мозг-компьютер, по сравнению с инвазивными, проще и безопаснее в использовании, но имеют ограниченную пропускную способность сигнала. Инвазивные интерфейсы мозг-компьютер обеспечивают получение сигналов в высоком разрешении благодаря непосредственному контакту мультиэлектродных матриц с нейронными ансамблями головного мозга без фильтрующих барьеров (а именно, костей черепа) и обеспечивают возможность локальной

стимуляции нервной ткани для передачи сигналов обратной связи в мозг [Левичкая, Лебедев, 2016].

Основное приложение и наиболее широко исследованное поле использования ИМК – в качестве вспомогательной технологии. В настоящее время нейроинтерфейс мозг-компьютер применяется для лечения неврологических заболеваний и травм. Благодаря интерфейсу становится возможным установление непосредственной связи между мозгом и устройствами, которые компенсируют утраченные функции (нейропротезы, инвалидные коляски и т.д.).

Разработан интерфейс, который основан на объективных показателях мозга, он управляется широким набором характеристик мозговой деятельности, которые соответствуют определенному виду когнитивной деятельности, например решению различных мыслительных задач. Интерфейс мозг-компьютер может быть применен для мониторинга состояния операторов сложных систем, в частности авиадиспетчера, отслеживающего одновременно множество параметров и непроизвольно переключившего внимание. В этом случае ИМК подаст сигнал [Атанов, Иваницкий Г., Иваницкий А., 2016, с. 10].

Нейроинтерфейсы мозг-компьютер могут быть использованы вместе с «приложениями для письма» для лиц, у которых нет другого способа общения, могут дать парализованным людям некоторый контроль над окружающей средой, а также могут помочь в реабилитации после травмы спинного мозга посредством искусственной стимуляции мышц, в числе других потенциальных областей применения [Атанов, Иваницкий Г., Иваницкий А., 2016; Каплан, Кочетова, Шишкин и др., 2013].

Основная сфера применения нейротехнологий – медицина, но в самое ближайшее время ожидается применение интерфейса мозг-компьютер для улучшения коммуникации человека и техники, т.е. для решения одной из актуальных проблем адаптации человека к усложнившейся информационно-технологической среде.

Вместе с тем уже на ранних этапах создания и практического применения нейротехнологий и нейроинтерфейсов возникали и возникают этические, правовые, социально-философские и другие вопросы, большинство из которых входит в корпус вопросов социальной оценки техники. Обсуждение этих вопросов практически только начинается, но важность этого обсуждения именно на ранних этапах разработки такой инновации, как интерфейс мозг-компьютер, несомненна. Данный подход поможет исключить конструкционные недочеты, возможную дискриминацию людей, которые будут пользоваться этой технологией, по какому-либо признаку.

Социальные, этические и экзистенциальные проблемы разработки и применения технологии нейроинтерфейсов

Социальная оценка научно-технического развития нацелена на изучение и раннее предупреждение рисков, связанных с техническим развитием, определение возможных направлений инновационного развития, выявление и обсуждение этических проблем, возникающих в процессе научно-технического развития, и выработку способов их решения. В поле зрения социальной оценки техники –

процессы освоения обществом новых технологий и социально-гуманитарные технологии, сопровождающие это освоение, формирование общественного дискурса, консультирование политики [Грунвальд, 2011; Горохов, Декер, 2013].

Особенность социальной оценки техники применительно к нейротехнологиям и технологиями, цифрового общества обусловлена прежде всего их направленностью на персонализацию и индивидуализацию применения технических устройств. Соответственно, возрастает степень ответственности разработчиков. Следовательно, принципиально важно выявить риски и проблемы на ранних этапах проектирования и разработки нейротехнологий, сосредоточить главное внимание на проблематике раннего исследования и обсуждения социально-гуманитарными науками рисков развития нейротехнологий. Важно выявить и обсудить социальные потребности и социальные предпосылки инноваций, проблемы и приоритеты социальной сферы.

Создание интерфейса мозг-компьютер вызывает немало этических вопросов, обсуждение которых происходит в нейроэтике. Нейроэтика – это область нейробиологических исследований когнитивных процессов, обеспечивающих моральные реакции и решения. Между тем нейроэтику нередко понимают как направление этики науки, в котором изучаются нормативно-этические ограничения нейронаучных исследований, соотношение и роль интуитивных и рациональных элементов в моральных оценочных суждениях, осознанный или неосознаваемый характер носит «универсальность моральных диспозиций личности» [Апресян, 2020].

В этом контексте необходимо отметить нейронаучные исследования, получившие общее название «экспериментальная нейроэтика». Исследователи в этой области регистрируют мозговую активность во время принятия этических решений испытуемыми. Авторы отмечают значимую корреляцию определенных сигналов мозга с этическими взглядами групп людей. Таким образом, разрабатываются нейрофизиологические количественные методы изучения отношения социальных групп к этическим проблемам [Reiner, 2019]. В этой связи возникает вопрос о методах различения сознательной и неосознаваемой мозговой активности во время принятия этических решений.

Одна из областей применения нейроинтерфейса – нейропротезирование. Киберпротезы рук и ног, кибернетические экзоскелетные конструкции, которые прикрепляются к парализованному телу и конечностям, дарят полноценную жизнь людям с ограниченными возможностями, усиливают способности человека; интерфейс мозг-компьютер обрабатывает сигналы мозга и соединяет его напрямую с киберпротезами. В перспективе рост качества и биосовместимости этих информационно-технических устройств, снижение стоимости материалов сделают их доступными, и, по прогнозам специалистов, они могут стать неотъемлемой частью повседневной жизни человека, как стали ею в свое время компьютеры и мобильные телефоны.

Вместе с тем возникает ряд вопросов. В случае если человек, пользующийся нейроинтерфейсом мозг-компьютер, не имеет никаких иных способов коммуникации с окружающим миром или же эти формы коммуникации существенно ограничены, то единственным каналом трансляции внутренних намерений человека и превращения их в действие становится искусственное

информационно-технологическое устройство. Но технология может сработать неверно, приписать человеку намерения и действия, которые не входили в его планы. Более того, интерфейс может распознать и выполнить неосознаваемые самим человеком намерения, и человек не сможет этому воспрепятствовать, так как не имеет физической возможности сделать это. Возникают правовые и этические вопросы ответственности за совершенное действие или переданное сообщение. Считать ли это недостатком устройства или вина лежит на человеке? Но ведь в этом случае была нарушена приватность человека, поэтому вторжение, пусть и непреднамеренное, в сферу бессознательного должно получить этико-правовую оценку.

Другой вопрос связан с явлением киборгизации, т.е. появлением людей, биологический организм которых содержит механические или электронные, т.е. искусственные, компоненты и не способен без них жить. Причиной могут быть медицинские показания, но если это выбор самого человека, то неизбежно возникают вопросы: какие изменения человеческой природы можно принять, а от каких следует отказаться? Кто и как будет определять идеал «жизни» и «человечности»? [Demetriades et al., 2010].

Предполагается, что по мере развития нейротехнологий, когнитивных технологий и интеллектуальных систем и технологий формирования гибридных человеко-машинных систем у человека существенно расширятся ресурсы мозга и его возможности. В этой связи возникает опасение, что по мере роста доступности таких технологий может сформироваться социальная группа людей, заведомо превосходящих в когнитивном отношении других людей, возникнет когнитивное неравенство, последствия которого трудно прогнозируемы.

Заключение

Гуманизация техники возможна на основе изучения социальных механизмов ее развития, обсуждения и установления социальных пределов технологическим изменениям и общественного контроля над техническим развитием, ведь все научно-технические достижения, новые технологии существенно влияют на социальную и культурную жизнь, на человека [Горохов, 2015]. Уменьшение или предотвращение негативных последствий научно-технического прогресса требуют разработки определенных социально-гуманитарных технологий, которые получают развитие в рамках социальной оценки техники, создания технологии социального формирования и социального проектирования новой техники на ранних этапах.

Разработка нейротехнологий, и в частности интерфейса мозг-компьютер, должна сопровождаться изучением и ранним предупреждением рисков, связанных с их развитием, а также выявлением и обсуждением социальных, экзистенциальных и этических проблем развития нейротехнологий и выработкой способов их решения. Важно формировать общественный дискурс по различным аспектам применения нейротехнологий человеком. Развитие нейротехнологий способствует адаптации человека к сложной информационно-технологической среде современного общества в условиях возрастающей информационной нагрузки.

Список литературы

- Алексеева, Никитина, 2016 – *Алексеева И.Ю., Никитина Е.А.* Интеллект и технологии. М.: Проспект, 2016. 96 с.
- Апресян, 2020 – *Апресян Р.Г.* Нейроэтика: вызовы и недосмотры // *Философия. Журнал Высшей школы экономики.* 2020. Т. IV. № 1. С. 13–23.
- Атанов, Иваницкий Г., Иваницкий А., 2016 – *Атанов М.С., Иваницкий Г.А., Иваницкий А.М.* Когнитивный интерфейс мозг-компьютер и перспективы его практического использования // *Физиология человека.* 2016. Т. 42. № 3. С. 5–11.
- Горохов, 2015 – *Горохов В.Г.* Оценка техники как прикладная философия техники и новая научно-техническая дисциплина // *Гений Шухова и современная эпоха. Материалы международного конгресса.* М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. С. 241–249.
- Горохов, Декер, 2013 – *Горохов В.Г., Декер М.* Социальные технологии прикладных междисциплинарных исследований в сфере социальной оценки техники // *Эпистемология и философия науки.* 2013. Т. 35. № 1. С. 135–150.
- Грунвальд, 2011 – *Грунвальд А.* Роль социально-гуманитарного познания в междисциплинарной оценке научно-технического развития // *Вопросы философии.* 2011. № 2. С. 115–126.
- Грунвальд, Ефременко, 2021 – *Грунвальд А., Ефременко Д.В.* Цифровая трансформация и социальная оценка техники // *Философия науки и техники.* 2021. Т. 26. № 2. С. 36–51.
- Каплан, Кочетова, Шишкин и др., 2013 – *Каплан А.Я., Кочетова А.Г., Шишкин С.Л. и др.* Экспериментально-теоретические основания и практические реализации технологии «интерфейс мозг-компьютер» // *Бюллетень сибирской медицины.* 2013. Т. 2. № 2. С. 21–29.
- Левицкая, Лебедев, 2016 – *Левицкая О.С., Лебедев М.А.* Интерфейс мозг-компьютер: будущее в настоящем // *Вестник Российского государственного медицинского университета.* 2016. № 2. С. 4–16.
- Лекторский, Кудж, Никитина, 2014 – *Лекторский В.А., Кудж С.А., Никитина Е.А.* Эпистемология, наука, жизненный мир человека // *Вестник МГТУ МИРЭА.* 2014. № 2 (3). С. 1–12.
- Нейронет, web – Нейронет // Национальная технологическая инициатива. 2022. URL: <http://nti2035.ru/markets/neuronet> (дата обращения: 01.03.2022).
- Степин, 2018 – *Степин В.С.* О методологии исследования сложных развивающихся систем // *Философия и социология техники XXI века. К 70-летию В.Г. Горохова / Под общ. ред. И.Ю. Алексеевой, А.А. Костиковой, А.Ф. Яковлевой.* М.: Аквилон, 2018. С. 30–40.
- Demetriades et al., 2010 – *Demetriades A.K., Demetriades C.K., Watts C., Ashkan K.* Brain-machine interface: the challenge of neuroethics // *The Surgeon.* 2010. Vol. 8. Issue 5. P. 267–269.
- Reiner, 2019 – *Reiner P.B.* Experimental Neuroethics // *Shaping Children. Advances in Neuroethics.* Cham: Springer, 1999. P. 75–83. DOI: 10.1007/978-3-030-10677-5_6.
- Steinert et al., 2019 – *Steinert S., Bublitz C., Jox R. et al.* Doing things with thoughts: Brain-computer interfaces and disembodied agency // *Philosophy & Technology.* 2019. Vol. 32. P. 457–482.
- Wolpaw et al., 2002 – *Wolpaw J.R., Birbaumer N., McFarland D.J., Pfurtscheller G., Vaughan T.M.* Brain-computer interfaces for communication and control // *Clin Neurophysiol.* 2002 Jun. Vol. 113 (6). P. 767–791.
- Wolpaw et al., 2020 – *Wolpaw J.R., Millán J.D.R., Ramsey N.F.* Brain-computer interfaces: Definitions and principles. *Handb Clin Neurol.* 2020. Vol. 168. P. 15–23.

Brain-computer interface as a symbol of the co-evolution of man and technology

Vladimir A. Simelin

MIREA – Russian Technological University. 78 Vernadsky Ave., Moscow, 119454, Russian Federation; e-mail: vsimelin@yandex.ru

Elena A. Nikitina

MIREA – Russian Technological University. 78 Vernadsky Ave., Moscow, 119454, Russian Federation; e-mail: nikitina@mirea.ru

The article deals with one of the key problems of the digital transformation of society – the problem of human adaptation to the increasingly complex information and technological environment of the digital society, the increased information load. One of the promising directions for solving this problem is the development of neurotechnologies, and, in particular, brain-computer neural interfaces. The possibilities and prospects of using the brain-computer neural interface and neurotechnologies are considered. It is shown that the development of neurotechnologies and, in particular, the brain-computer neural interface should be accompanied by the study and early warning of the risks associated with their development, as well as the identification and discussion of social, existential and ethical problems in the development of neurotechnologies, and the development of ways to solve them. It is important to form a public discourse on various aspects of the use of neurotechnologies by humans.

Keywords: co-evolution of man and technology, complex human-dimensional self-developing systems, digital technologies, neurotechnologies, brain-computer interface, technology assessment

References

Alekseeva, I.Yu., Nikitina, E.A. *Intellekt i texnologii* [Intelligence and technology]. Moscow: Prospekt Publ., 2016. 96 pp. (In Russian)

Apresyan, R.G. “Neyroetika: vyzovy i nedosmotry” [Neuroethics: Challenges and Omissions], *Filosofiya. Zhurnal Vyshey shkoly ekonomiki* [Philosophy. Journal of the Higher School of Economics], 2020, vol. IV, no. 1, pp. 13–23. (In Russian)

Atanov, M.S., Ivanitsky, G.A., Ivanitsky, A.M. “Kognitivnyj interfejs mozg-komp’yuter i perspektivy ego prakticheskogo ispol’zovaniya” [Cognitive brain-computer interface and prospects for its practical use], *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2016, vol. 42, no. 3, pp. 5–11. (In Russian)

Gorokhov, V.G. “Otsenka tehniki kak prikladnaya filosofia tehniki i novaya nauchno-technicheskaya disciplina” [Technology assessment as an applied philosophy of technology and a new scientific and technical discipline], *Genij Shukhova i sovremennaya epokha. Materialy mezhdunarodnogo kongressa* [Shukhov’s genius and modern era. Materials of the international congress]. Moscow: Izdatelstvo MBGTU im. N.E. Baumana, 2015, pp. 241–249. (In Russian)

Gorokhov, V.G., Decker, M. “Social’nye tekhnologii prikladnyh mezhdisciplinarnykh issledovaniy v sfere social’noj ocenki tekhniki” [Social Technologies of Applied Interdisciplinary Studies in Sphere of Technology Assessment], *Epistemologiya i filosofiya nauki* [Epistemology & Philosophy of Science], 2013, vol. 35, no. 1, pp. 135–150. (In Russian)

Grunwald, Ar. “Rol’ social’no-gumanitarnogo poznavaniya v mezhdisciplinarnoj ocenke nauchno-tehnicheskogo razvitiya” [The role of social and humanitarian knowledge in the interdisciplinary assessment of scientific and technological development], *Voprosy Filosofii*, 2011, no. 2, pp. 115–126. (In Russian)

Grunwald, Ar., Efremenko, D.V. “Cifrovaya transformaciya i social’naya ocenka texniki” [Digital transformation and social assessment], *Filosofiya nauki i tekhniki* [Philosophy of Science and Technology], 2021, vol. 26, no. 2, pp. 36–51. (In Russian)

Kaplan, A.Ya., Kochetova, A.G., Shishkin, S.L. et al. “Eksperimental’no-teoreticheskie osnovaniya i prakticheskie realizacii tekhnologii ‘interfejs mozg-komp’yuter’” [Experimental-theoretical foundations and practical implementations of the brain-computer interface technology], *Byulleten’ sibirskoj mediciny* [Bulletin of Siberian Medicine], 2013, vol. 2, no. 2, pp. 21–29. (In Russian)

Levitskaya, O.S., Lebedev, M.A. “Interfejs mozg-komp’yuter: budushchee v nastoyashchem” [Brain-computer interface: the future in the present], *Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta* [Bulletin of Russian State Medical University], 2016, no. 2, pp. 4–16. (In Russian)

Lectorsky, V.A., Kudzh, S.A., Nikitina, E.A. “Epistemologiya, nauka, zhiznennyj mir cheloveka” [Epistemology, science, lifeworld of the person], *Vestnik MGTU MIREA* [Herald of MSTU MIREA], 2014, no. 2 (3), pp. 1–12. (In Russian)

“NeuroNet”, *Nacional’naya tekhnologicheskaya iniciativa* [National Technological Initiative], 2022. [<http://nti2035.ru/markets/neuronet>, accessed on 01.03.2022]. (In Russian)

Reiner P.B. “Experimental Neuroethics”, in: *Shaping Children. Advances in Neuroethics*. Cham: Springer, 1999, pp. 75–83. http://doi.org/10.1007/978-3-030-10677-5_6

Stepin, V.S. “O metodologii issledovaniya slozhnyh razvivayushchih sistem” [On the methodology of research of complex developing systems], *Filosofiya i sociologiya tekhniki XXI veke. K 70-letiyu V.G. Gorokhova* [Philosophy and sociology of technology in the XXI century. To the 70th anniversary of V.G. Gorokhov], I.Y. Alekseeva, A.A. Kostikova & A.F. Yakovleva (eds.). Moscow: Aquilon Publ., 2018, pp. 30–40. (In Russian)

Demetriades, A.K., Demetriades, C.K., Watts, C., Ashkan, K. “Brain-machine interface: the challenge of neuroethics”, *The Surgeon*, 2010, vol. 8, issue 5, pp. 267–269.

Steinert, S., Bublitz, C., Jox, R. et al. “Doing things with thoughts: Brain-computer interfaces and disembodied agency”, *Philosophy & Technology*, 2019, vol. 32, pp. 457–482.

Wolpaw, J.R., Birbaumer, N., McFarland, D.J., Pfurtscheller, G., Vaughan, T.M. “Brain-computer interfaces for communication and control”, *Clin Neurophysiol*, 2002 Jun., vol. 113 (6), pp. 767–791.

Wolpaw, J.R., Millán, J.D.R., Ramsey, N.F. “Brain-computer interfaces: Definitions and principles”, *Handb Clin Neurol*, 2020, vol. 168, pp. 15–23.