



Нейрокодекс как основа национальной этической платформы для разработки и применения нейротехнологий и интерфейсов «мозг–компьютер»

М. В. Федоров, Д. А. Репин, Д. М. Бортников, Д. В. Вошев,
О. Ю. Клевцова, С. А. Игнатьев , К. А. Буслов, М. Е. Изотова,
Н. М. Стародубцева, М. А. Лебедев, А. А. Щеголева, Е. Н. Никитин

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем передачи информации имени А. А. Харкевича Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Федоров М. В. – член-корреспондент РАН, д. х. н., и. о. директора ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3901-3565>.

Репин Д. А. – д. социол. н., главный научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН»; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4191-6840>.

Бортников Д. М. – научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН».

Введение. Ускоренное развитие нейротехнологий и интерфейсов «мозг–компьютер» расширяет возможности диагностики, лечения, реабилитации и восстановления коммуникации, одновременно формируя новые этические, правовые и организационные риски, связанные с когнитивной свободой, автономией личности, ментальной приватностью, безопасностью нейроданных и воздействием на функции нервной системы. Международные документы закрепляют общие принципы ответственного развития нейротехнологий, однако механизмы их практической

Вошев Д. В. – д. м. н., ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9216-6873>.

Клевцова О. Ю. – к. э. н., старший научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН»; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9746-4414>.

Игнатьев С. А. – и. о. заведующего лабораторией ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН»; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0450-1913>.

Буслов К. А. – научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН»; ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6175-3774>.

Изотова М. Е. – научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0000-2761-1336>.

Стародубцева Н. М. – научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН»; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0155-8215>.

Лебедев М. А. – д. б. н., ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7457-837X>.

реализации, включая классификацию рисков, этическую экспертизу, аудит, мониторинг и распределение ответственности, остаются неоднородными.

Цель работы. Провести сравнительный анализ международных этических и регуляторных подходов к разработке и применению нейротехнологий и обосновать концептуальную архитектуру проекта «Кодекс этики разработки и применения нейротехнологий и интерфейсов» (Нейрокодекс) версии 1.0 как основы национальной системы управления жизненным циклом нейротехнологий и интерфейсов «мозг–компьютер».

Проведен нормативно-концептуальный анализ Нейрокодекса и его сопоставление с международными документами, а также научными публикациями по нейроэтике, нейроправам, защите нейроданных и регулированию интерфейсов «мозг–компьютер». Установлено, что Нейрокодекс объединяет принципы защиты прав и достоинства человека, когнитивной свободы, автономии личности, ментальной приватности, прозрачности, справедливости и недискриминации с механизмами риск-ориентированной классификации, независимой этической экспертизы, клинической и кибербезопасности,

Щеголева А. А. – научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0083-4104>.

Никитин Е. Н. – научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН»; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9264-1926>.



**АВТОР,
ОТВЕТСТВЕННЫЙ
ЗА ПЕРЕПИСКУ**

Игнатьев Сергей Александрович;
e-mail: ignatjev-sa@iitp.ru.



**РЕДАКЦИОННАЯ
ИНФОРМАЦИЯ**

Поступила: 03.07.2026

Принята: 17.07.2026

Опубликована: 04.08.2026



**ДЛЯ
ЦИТИРОВАНИЯ**

Федоров М. В., Репин Д. А., Бортников Д. М., Вошев Д. В., Клевцова О. Ю., Игнатьев С. А., Буслов К. А., Изотова М. Е., Стародубцева Н. М., Лебедев М. А., Щеголева А. А., Никитин Е. Н. Нейрокодекс как основа национальной этической платформы ответственной разработки и применения нейротехнологий и интерфейсов «мозг–компьютер». Фармация и интеллектуальное здравоохранение. 2026;1(1).



**КОНФЛИКТ
ИНТЕРЕСОВ**

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных

подотчетности, мониторинга и долгосрочного сопровождения. Предложенная четырехуровневая классификация риска учитывает инвазивность технологии, характер воздействия на нервную систему, обратимость последствий, чувствительность нейроданных, автономность алгоритмов и контекст применения.

Заключение. Нейрокодекс версии 1.0 может рассматриваться как концептуальная основа национальной этической системы ответственной разработки и применения нейротехнологий, обеспечивающая переход от общих принципов к процедурам оценки риска, независимой экспертизы, аудита, мониторинга и долгосрочного сопровождения. Дальнейшее развитие Нейрокодекса требует междисциплинарной апробации, формализации критериев уровней риска, разработки измеримых индикаторов соответствия и гармонизации с действующим законодательством.

Ключевые слова: нейрокодекс, нейротехнологии, интерфейс «мозг–компьютер», нейроэтика, нейроправа, нейроданные, когнитивная свобода, ментальная приватность, этическая экспертиза, риск-ориентированное регулирование.

конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.



ВКЛАД АВТОРОВ

М. В. Федоров – разработка концепции Нейрокодекса и научное руководство, Д. А. Репин – формирование методологии и анализ международных подходов, Д. М. Бортников – анализ нормативных и организационных аспектов, Д. В. Вошев – анализ применения нейротехнологий в здравоохранении и подготовка текста, О. Ю. Клевцова – анализ этических и социально-экономических аспектов, С. А. Игнатъев – координация исследования, анализ материалов и редактирование рукописи, К. А. Буслов – анализ вопросов безопасности и управления рисками, М. Е. Изотова – анализ правовых и организационных механизмов, Н. М. Стародубцева – анализ биомедицинских и клинических аспектов, М. А. Лебедев – экспертная оценка нейротехнологий и интерфейсов «мозг–компьютер», А. А. Щеголева – анализ этических механизмов и подготовка материалов, Е. Н. Никитин – разработка концептуальной архитектуры и научное редактирование. Все авторы участвовали в обсуждении содержания статьи, одобрили окончательную версию рукописи и несут ответственность за ее содержание.



ФИНАНСИРОВАНИЕ

Авторы заявляют об отсутствии финансирования.



Neurocodex as the basis of a national ethical platform for the development and application of neurotechnologies and brain–computer interfaces

Maxim V. Fedorov, Dmitrii A. Repin, Dmitrii M. Bortnikov, Dmitrii V. Voshev, Olga Yu. Klevtsova, Sergey A. Ignatiev✉, Kirill A. Buslov, Maria E. Izotova, Nadezhda M. Starodubtseva, Mikhail A. Lebedev, Anzhelika A. Shchegoleva, Evgeny N. Nikitin

Federal State Budgetary Institution of Science A. A. Kharkevich Institute of Problems of Information Transmission of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT



ORCID

Maxim V. Fedorov – <https://orcid.org/0000-0003-3901-3565>;
Dmitrii A. Repin – <https://orcid.org/0009-0003-4191-6840>;
Dmitrii V. Voshev – <https://orcid.org/0000-0001-9216-6873>;
Olga Yu. Klevtsova – <https://orcid.org/0009-0004-9746-4414>;
Sergey A. Ignatiev – <https://orcid.org/0009-0002-0450-1913>;
Kirill A. Buslov – <https://orcid.org/0009-0008-6175-3774>;
Maria E. Izotova – <https://orcid.org/0000-0000-2761-1336>;
Nadezhda M. Starodubtseva – <https://orcid.org/0009-0000-0155-8215>;
Mikhail A. Lebedev – <https://orcid.org/0000-0002-7457-837X>;
Anzhelika A. Shchegoleva – <https://orcid.org/0000-0003-0083-4104>;
Evgeny N. Nikitin – <https://orcid.org/0009-0001-9264-1926>

Introduction. The rapid development of neurotechnologies and brain–computer interfaces expand opportunities for diagnosis, treatment, rehabilitation, and restoration of communication while creating new ethical, legal, and organisational risks related to cognitive liberty, personal autonomy, mental privacy, neural data security, and interventions affecting nervous system functions. International documents establish general principles for the responsible development of neurotechnologies; however, mechanisms for their practical implementation, including risk classification, ethics review, audit, monitoring, and allocation of responsibility, remain heterogeneous.



CORRESPONDING AUTHOR

Ignatiev Sergey Alexandrovich; e-mail: ignatev-sa@iitp.ru.



EDITORIAL INFORMATION

Received: 03.07.2026

Accepted: 17.07.2026

Published: 04.08.2026



FOR CITATION

Fedorov M. V., Repin D. A., Bortnikov D. M., Voshev D. V., Klevtsova O. Yu., Ignatiev S. A., Buslov K. A., Izotova M. E., Starodubtseva N. M., Lebedev M. A., Shchegoleva A. A., Nikitin E. N. The Neurocode as a Foundation for a National Ethical Framework for the Responsible Development and Use of Neurotechnologies and Brain–Computer Interfaces. *Pharmacy and Intelligent Healthcare*. 2026;1(1).



CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.



CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

M. V. Fedorov – development of the Neurocode concept and scientific supervision, D. A. Repin – development of the methodology and analysis of international approaches, D. M. Bortnikov – analysis of regulatory and organisational aspects, D. V. Voshev – analysis of the application of neurotechnologies in healthcare and preparation of the manuscript, O.

Aim. To conduct a comparative analysis of international ethical and regulatory approaches to the development and application of neurotechnologies and to substantiate the conceptual architecture of the project «Code of Ethics for the Development and Application of Neurotechnologies and Interfaces» (Neurocodex) version 1.0 as the basis of the national lifecycle management system for neurotechnologies and brain–computer interfaces.

A normative and conceptual analysis of the Neurocodex and its comparison with international documents, as well as scientific publications on neuroethics, neuro-law, protection of neurodata and regulation of brain–computer interfaces has been carried out. The analysis demonstrated that the Neurocode integrates the principles of human rights and dignity, cognitive liberty, personal autonomy, mental privacy, transparency, fairness, and non-discrimination with mechanisms of risk-based classification, independent ethics review, clinical and cybersecurity requirements, accountability, monitoring, and long-term stewardship. The proposed four-tier risk classification takes into account technology invasiveness, the nature of effects on the nervous system, reversibility of consequences, sensitivity of neural data, algorithmic autonomy, and context of use.

Yu. Klevtsova – analysis of ethical and socioeconomic aspects, S. A. Ignatiev – coordination of the study, analysis of materials, and manuscript editing, K. A. Buslov – analysis of safety and risk management issues, M. E. Izotova – analysis of legal and organisational mechanisms, N. M. Starodubtseva – analysis of biomedical and clinical aspects, M. A. Lebedev – expert assessment of neurotechnologies and brain–computer interfaces, A. A. Shchegoleva – analysis of ethical mechanisms and preparation of materials, E. N. Nikitin – development of the conceptual architecture and scientific editing. All authors participated in the discussion of the article content, approved the final version of the manuscript, and take responsibility for its content.



FUNDING

The authors claim a lack of funding.

Conclusion. Neurocode version 1.0 may be regarded as a conceptual foundation for a national ethical system for the responsible development and use of neurotechnologies, enabling a transition from general principles to procedures for risk assessment, independent review, audit, monitoring, and long-term stewardship. Its further development requires interdisciplinary testing, formalisation of risk-level criteria, measurable compliance indicators, and harmonisation with current legislation.

Keywords: neurocodex, neurotechnology, brain–computer interface, neuroethics, neuropravity, neurodata, cognitive freedom, mental privacy, ethical expertise, risk-based regulation.

ВВЕДЕНИЕ

Нейротехнологии переходят из области фундаментальных исследований в сферу клинического применения, цифровой реабилитации и потребительских решений. Одновременно искусственный интеллект становится одним из ключевых инструментов цифровой трансформации здравоохранения, расширяя возможности диагностики, прогнозирования и персонализации медицинской помощи [1]. Интерфейсы «мозг – компьютер» (ИМК) создают новые каналы взаимодействия между нервной системой и цифровой средой. Их медицинский потенциал связан с восстановлением

двигательных и коммуникативных функций, однако объект регистрации и воздействия принципиально отличается нейротехнологии от многих других цифровых решений [2]. Сферы применения ИМК при этом не ограничиваются медициной и включают, в частности, государственно-управленческие сценарии и интеграцию с технологиями расширенной реальности [3].

Современная литература в контексте обсуждения этических вызовов, связанных с ИМК, выделяет вопросы автономии и достоинства, безопасности, приватности, киберзащиты,

ответственности и справедливости доступа [4-6]. В 2019 г. Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) приняла Рекомендацию по ответственным инновациям в нейротехнологиях [7], а в 2025 г. Организация Объединённых Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) – Рекомендацию по этике нейротехнологий [8]. Совет Европы рассматривает последствия применения нейротехнологий и обработки нейроданных для прав человека, частной жизни и защиты персональных данных [9].

Для Российской Федерации необходима адаптация международных принципов к национальной системе здравоохранения, регулированию медицинских изделий и персональных данных. Необходимость специализированного регулирования ИМК и четкого распределения ответственности между участниками их жизненного цикла подчеркивается и в современной научной литературе [10].

Несмотря на развитие международных рекомендаций, сохраняется разрыв между декларативным закреплением этических принципов и их практической реализацией в виде критериев классификации риска, процедур независимой экспертизы, аудита, мониторинга инцидентов, долгосрочного сопровождения и распределения ответственности. Отсутствие единой национальной междисциплинарной рамки определяет необходимость разработки инструментов,

обеспечивающих перевод общих этических положений в проверяемые требования к субъектам и этапам жизненного цикла нейротехнологий.

Цель работы. Провести сравнительный анализ международных этических и регуляторных подходов к разработке и применению нейротехнологий и обосновать концептуальную архитектуру проекта «Кодекс этики разработки и применения нейротехнологий и интерфейсов» (Нейрокодекс) версии 1.0 как основы национальной системы ответственного управления жизненным циклом нейротехнологий и интерфейсов «мозг–компьютер».

МЕТОДОЛОГИЯ

Объектом исследования являлся проект Нейрокодекса версии 1.0, разработанный в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте проблем передачи информации имени А. А. Харкевича Российской академии наук (ИППИ РАН). Проведён нормативно-концептуальный и сравнительный анализ его положений, документов ЮНЕСКО, ОЭСР и Совета Европы, а также научных публикаций по нейроэтике, нейроправам, ментальной приватности, защите нейроданных и регулированию интерфейсов «мозг–компьютер». Сопоставление выполняли по следующим аналитическим доменам: права и автономия личности, режим нейроданных, безопасность,

искусственный интеллект, классификация риска, этическая экспертиза, кибербезопасность, подотчётность, мониторинг и долгосрочное сопровождение. Отбор и анализ источников имели целевой обзорно-аналитический характер; количественный синтез и статистический анализ не проводили.

Поиск научных публикаций проводили в электронных библиографических базах, по ключевым словам, соответствующим выделенным аналитическим доменам. В анализ включали публикации, посвященные этическим, правовым, клиническим и технологическим аспектам применения нейротехнологий и интерфейсов «мозг–компьютер». Отбор источников имел целевой характер и не соответствовал дизайну систематического обзора.

Область применения и жизненный цикл

В качестве инициативного междисциплинарного проекта на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки ИППИ РАН разработан Нейрокодекс версии 1.0. Документ объединяет принципы этического управления полным жизненным циклом нейротехнологий, включая разработку, доклиническую и клиническую оценку, внедрение, эксплуатацию, мониторинг, модернизацию и вывод из применения [11].

В архитектуре Нейрокодекса данный блок выступает не изолированным положением, а элементом единой системы этического управления нейротехнологиями. Его функциональное назначение заключается в переводе декларируемых общих принципов в конкретные требования – к субъектам применения технологии, к процедурам их взаимодействия с ней и к отдельным этапам жизненного цикла самой технологии. Данная логика перехода от общих оснований к практическим требованиям наглядно представлена на рисунке 1, где отражены основные принципы этики нейротехнологий и их взаимосвязь с последующими уровнями регулирования.

Вместе с тем реализация принципов этики нейротехнологий предполагает четкое определение правового и этического статуса всех участников соответствующих отношений. Это требует закрепления взаимосвязанных прав и обязанностей разработчиков, исследователей, медицинских специалистов, операторов нейротехнологических систем, организаций, осуществляющих обработку нейроданных, а также лиц, в отношении которых такие технологии применяются. Согласование интересов указанных субъектов позволяет обеспечить защиту личности, надлежащее распределение ответственности и соблюдение этических требований на всех этапах жизненного цикла нейротехнологий [12].



Рисунок 1. Основные принципы этики нейротехнологий, закрепленные в Нейрокодексе
Figure 1. The basic principles of ethics of neurotechnology, enshrined in the Neurocodex

Аналитически этот подход соответствует риск-ориентированной модели: глубина контроля должна зависеть не только от технического типа устройства, но и от характера воздействия, обратимости последствий, чувствительности выводов из нейроданных, автономности алгоритма и контекста применения. Для медицинских технологий особенно важны клиническая валидность, информированное согласие, человеческий контроль и непрерывность сопровождения [13].

Когнитивная свобода и автономия

Когнитивная свобода предполагает право человека самостоятельно формировать мысли, убеждения и решения, а также право отказаться от применения нейротехнологии или прекратить ее использование. Любое воздействие на когнитивные и эмоциональные процессы должно осуществляться на основании добровольного информированного согласия и при сохранении возможности человеческого контроля.

Реализация рассмотренных этических принципов приобретает практический смысл лишь при условии их операционализации применительно к конкретным субъектам

нейротехнологической деятельности. В связи с этим Нейрокодекс закрепляет дифференцированную систему прав и обязанностей для основных категорий субъектов – физических и юридических лиц, разработчиков, медицинских организаций и регулирующих органов, – каждая из которых несет специфический объем ответственности, обусловленный характером ее участия в жизненном цикле нейротехнологии. Такая

дифференциация позволяет избежать как размывания ответственности между участниками процесса, так и избыточной унификации требований, не учитывающей различий в их фактических возможностях влиять на безопасность и этическую приемлемость применяемых решений. Структура распределения прав и обязанностей между указанными субъектами представлена на рисунке 2.

ПРАВА И ОБЯЗАННОСТИ СУБЪЕКТОВ НЕЙРОТЕХНОЛОГИЙ

RIGHTS AND RESPONSIBILITIES OF SUBJECTS OF NEUROTECHNOLOGIES



Рисунок 2. Права и обязанности субъектов нейротехнологий, закрепленные в Нейрокодексе
Figure 2. The rights and obligations of subjects of neurotechnology, fixed in the Neurocode

Конфиденциальность нейроданных

Нейрокодекс относит нейроданные к наиболее чувствительным категориям персональной информации, поскольку они могут раскрывать

когнитивные состояния, эмоции, намерения и паттерны мышления человека, что требует усиленной защиты сверх стандартных процедур [14].

Кодекс выделяет три уровня нейроданных – сырые сигналы (первичные данные), интерпретированные данные и выводы о когнитивных состояниях – с самостоятельным режимом защиты для каждого. Сбор данных допускается только с добровольного согласия пользователя; скрытый сбор и использование данных не по заявленным целям запрещены, обработка подчиняется принципам

минимизации, ограниченности целей, прозрачности и подотчетности.

Обязательны псевдонимизация, шифрование, ограничение сроков хранения и запрет повторного использования данных без согласия; пользователю гарантированы доступ, исправление, удаление и ограничение использования его данных. Дифференциация уровней нейроданных и режимов их защиты представлена на рисунке 3.

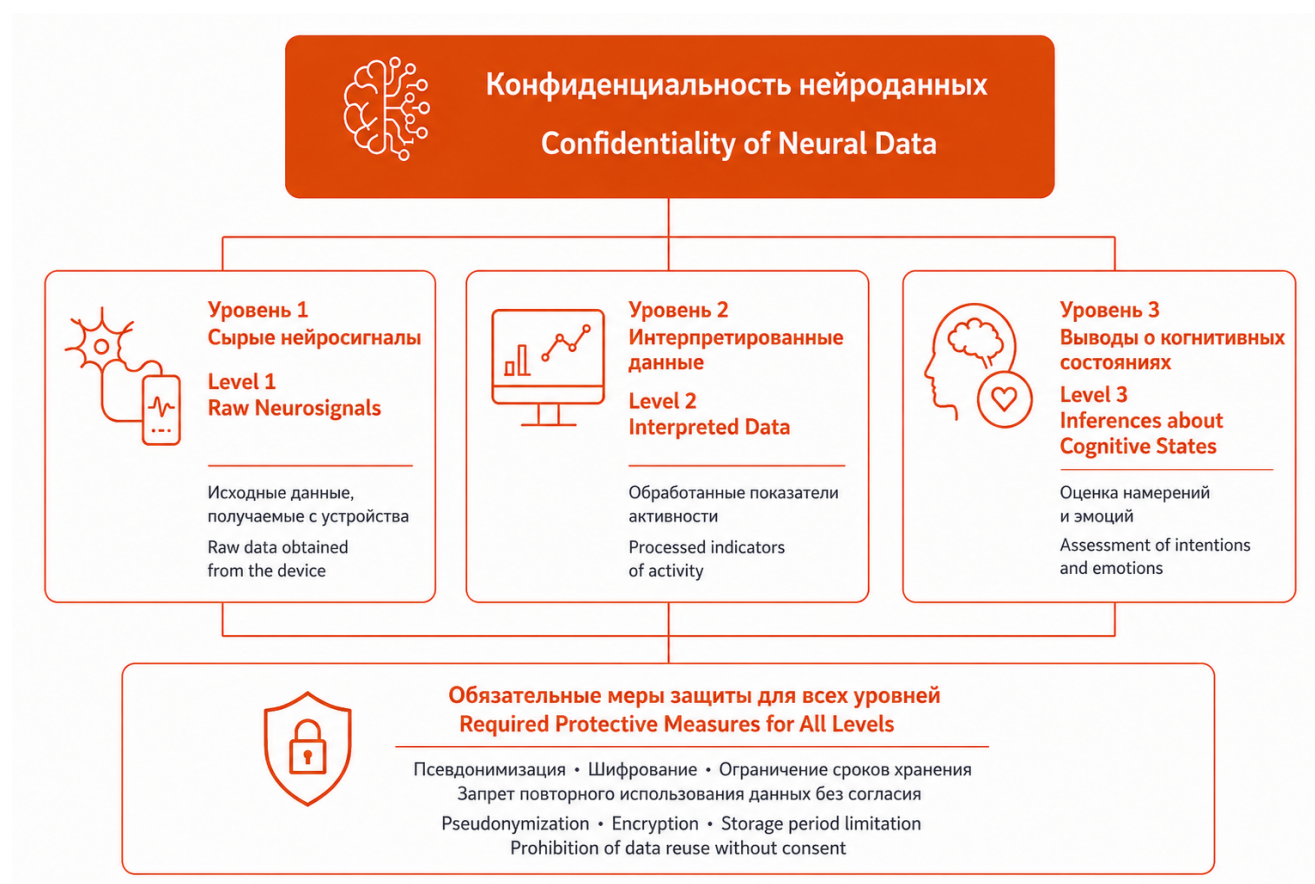


Рисунок 3. Обеспечение конфиденциальности нейроданных согласно Нейрокодексу
Figure 3. Ensuring the confidentiality of neural data according to the Neurocode

Этическая экспертиза

Нейрокодекс предусматривает обязательную независимую этическую экспертизу исследований и проектов,

связанных с нейротехнологиями. Данное требование распространяется на технологию в целом, а не только на отдельные этапы ее разработки, и выступает необходимым условием

допуска нейротехнологии к применению [15].

Этическая экспертиза проводится междисциплинарным комитетом, в состав которого входят нейробиологи, врачи, специалисты по кибербезопасности, юристы, представители пациентов и специалисты по биоэтике. Комитет оценивает безопасность технологии, защиту прав пользователей и потенциальные социальные последствия ее внедрения; без положительного заключения комитета внедрение технологии не допускается.

Предлагаемая процедура экспертизы носит стандартизированный характер и включает последовательные этапы: предварительную оценку рисков с классификацией технологии по уровню риска (от низкого до критического, с учетом инвазивности, характера воздействия на нервную систему и риска двойного назначения); анализ процессов сбора, обработки и хранения нейроданных, включая проверку информированного согласия и методов защиты данных; а также оценку влияния технологии на когнитивную свободу и автономию – в частности, на свободу формирования мыслей, принятие решений и эмоциональные состояния пользователя. Технологии, создающие риск неконтролируемого воздействия на когнитивную автономию человека, признаются недопустимыми.

Завершающие этапы процедуры включают оценку социальной и этической приемлемости технологии

(риски дискриминации, социального неравенства и злоупотребления) и вынесение финального заключения – одобрение, одобрение с ограничениями, направление на доработку либо отказ в одобрении, с обязательным указанием выявленных рисков и условий безопасного применения. Нейрокодекс также предусматривает случаи повторной экспертизы: при существенном изменении технологии, выявлении новых рисков, расширении области применения или внедрении новых алгоритмов, в том числе основанных на искусственном интеллекте.

Стандартизированная процедура этической экспертизы включает шесть последовательных этапов – от предварительной оценки рисков до принятия решения о повторной экспертизе; ее структура представлена на рисунке 4.

Управление рисками

Архитектура разработанного в ИППИ РАН Нейрокодекса предусматривает применение риск-ориентированного подхода и принципа предосторожности, предполагающего приоритет предотвращения потенциального вреда в условиях научной неопределенности [16]. Тем самым управление рисками рассматривается не как реакция на уже проявившиеся негативные последствия, а как превентивный механизм, встроенный в саму логику разработки технологии.



Рисунок 4. Этапы этической экспертизы нейротехнологий, представленные в Нейрокодексе
Figure 4. The stages of ethical examination of neurotechnologies presented in the Neurocodex

В рамках данного подхода субъекты нейротехнологий обязаны осуществлять системную идентификацию, оценку и минимизацию рисков на всех этапах жизненного цикла технологии – от разработки до последующей эксплуатации. Отдельное значение придается учету неопределенностей, связанных с долгосрочным воздействием на нервную систему и психическое состояние человека, поскольку отдаленные последствия применения нейротехнологий на момент их внедрения зачастую не могут быть установлены с достаточной степенью достоверности.

Нейрокодекс закрепляет требование соразмерности между ожидаемой пользой и потенциальными рисками применения технологии, что предполагает содержательную, а не формальную оценку баланса риска и пользы

применительно к конкретному случаю использования. Наряду с этим субъекты нейротехнологий обязаны внедрять механизмы оперативного реагирования при выявлении новых или недооцененных рисков, обеспечивающие своевременную корректировку условий применения технологии [12].

Отдельно оговаривается ситуация недостаточной доказательной базы: применение нейротехнологий в подобных условиях допускается Нейрокодексом только при наличии дополнительных мер защиты прав и безопасности пользователей. Данное положение отражает асимметричный подход к допустимому риску – чем ниже уровень научной определенности относительно последствий применения технологии, тем выше требования к компенсирующим гарантиям безопасности. Указанные

обязанности субъектов нейротехнологий в области идентификации, оценки

и минимизации рисков схематично представлены на рисунке 5.



Рисунок 5. Подходы к обеспечению управления рисками, представленные в Нейрокодексе
Figure 5. Approaches to risk management presented in the Neurocode

Кибербезопасность и устойчивость

Нейрокодекс предусматривает, что нейротехнологии, особенно непосредственно взаимодействующие с нервной системой человека, должны проектироваться и эксплуатироваться с учетом повышенных требований к кибербезопасности и устойчивости к внешним воздействиям. Данное требование обусловлено тем, что уязвимость нейротехнологического устройства затрагивает не только целостность данных, но и физическое и психическое состояние пользователя, что качественно отличает подобные риски от киберугроз, характерных для большинства иных цифровых систем [5].

В связи с этим субъекты нейротехнологий обязаны обеспечивать защиту систем от несанкционированного доступа, вмешательства и

модификации, а также устойчивость функционирования устройств при сбоях и внешних воздействиях. Отдельное значение придается защите каналов передачи нейроданных, поскольку компроментация канала связи создает риск не только утраты конфиденциальности, но и несанкционированного вмешательства в работу устройства в режиме реального времени [5, 7].

Нейрокодекс также закрепляет требование своевременного обновления программного обеспечения и устранения выявленных уязвимостей на протяжении всего периода эксплуатации технологии. Тем самым обеспечение кибербезопасности рассматривается не как разовая техническая мера на этапе разработки, а как непрерывное обязательство, сопровождающее весь

жизненный цикл нейротехнологического устройства.

Особое внимание Нейрокодекс уделяет предотвращению сценариев, при которых нарушение безопасности системы может привести к воздействию на когнитивные или физиологические функции человека. Данное положение подчеркивает специфику нейротехнологий как класса устройств, для которых кибербезопасность выступает не самостоятельной технической категорией, а прямым условием защиты физической неприкосновенности и психической автономии пользователя.

Подотчетность и ответственность

В Нейрокодексе подотчетность рассматривается как четкое разграничение ролей разработчиков, производителей, операторов, медицинских организаций и иных субъектов на всех этапах жизненного цикла нейротехнологии. Решения, принимаемые с использованием таких систем, должны фиксироваться и быть прослеживаемыми, чтобы обеспечивалась возможность установить причины ошибок, инцидентов и неблагоприятных последствий. Недопустимо применение технологий, при котором невозможно определить ответственное лицо или организацию [17].

Предлагаемое распределение обязанностей учитывает функции и возможности каждого участника жизненного цикла нейротехнологии.

Разработчики отвечают за безопасность и корректность алгоритмов, производители – за качество оборудования и техническое сопровождение, медицинские организации – за информированное согласие, клиническую безопасность и наблюдение за пациентами, а регуляторы – за установление требований, контроль и ограничение применения небезопасных технологий [10]. Нарушение требований безопасности, незаконная обработка нейроданных и несоблюдение прав пользователей могут повлечь предусмотренную законодательством гражданско-правовую, административную или уголовную ответственность.

Практическая реализация подотчетности обеспечивается механизмами постоянного мониторинга и независимого аудита. Субъекты должны регистрировать инциденты, анализировать жалобы, технические неисправности, алгоритмические ошибки и долгосрочные последствия применения технологий. При причинении вреда пользователю должны применяться компенсационные механизмы, включая оказание медицинской помощи, реабилитацию и возмещение ущерба. Соблюдение требований Нейрокодекса предлагается обеспечивать посредством этической оценки, независимого аудита, сертификации и мер реагирования на выявленные нарушения.

Долгосрочное сопровождение

Нейрокодекс предусматривает сопровождение нейротехнологий на протяжении всего периода их использования, включая безопасное обновление и модернизацию систем, непрерывность технической и медицинской поддержки, а также планирование вывода технологии из эксплуатации. Особое значение данное требование имеет для инвазивных нейроимплантов и иных решений длительного применения, поскольку прекращение программной, технической или клинической поддержки способно создать непосредственные риски для здоровья, безопасности и автономии пользователя [12, 18].

Организационной основой долгосрочного сопровождения выступают постоянный мониторинг состояния технологии. Производители, разработчики и медицинские организации должны регистрировать инциденты, анализировать технические неисправности, побочные эффекты и долгосрочные последствия применения технологий, а при выявлении новых рисков — обновлять программное обеспечение, модифицировать устройства, ограничивать их использование либо инициировать отзыв. Дополнительными гарантиями являются подтверждение соответствия технологий требованиям безопасности и эффективности, сохранение человеческого контроля и регулярное обновление этических требований с учетом технологического развития.

Для цифрового здравоохранения Российской Федерации долгосрочное сопровождение является необходимым условием ответственного внедрения нейротехнологий в национальную систему здравоохранения [2, 5]. Интеграция таких решений должна охватывать не только первоначальную регистрацию и клиническое применение, но и совместимость с цифровой инфраструктурой медицинских организаций, защищенный обмен нейроданными, подготовку специалистов, техническую поддержку и наблюдение за пациентами. Реализация данного подхода способствует непрерывности медицинской помощи, снижению технологической зависимости пользователей и формированию устойчивой системы применения нейротехнологий, ориентированной на безопасность пациента и сохранение общественного доверия [2, 12, 13].

Нейроправа и искусственный интеллект

Согласно концепции Нейрокодекса, развитие нейротехнологий должно сопровождаться обеспечением комплекса нейроправ, включающего права на когнитивную свободу, ментальную приватность, психическую целостность, защиту от несанкционированной нейромодификации и равный доступ к безопасным технологиям. Данные гарантии конкретизируют общие принципы защиты прав и

достоинства человека, сохранения автономии личности и недопустимости воздействия на мысли, убеждения и принятие решений без добровольного информированного согласия [11, 14].

Особые риски возникают при использовании в нейротехнологиях систем искусственного интеллекта, способных анализировать нейросигналы, выявлять когнитивные и эмоциональные состояния либо влиять на функционирование устройства. В Нейрокодексе предусмотрено, что такие алгоритмы должны проходить проверку на предвзятость, обеспечивать объяснимость решений, сохранять контроль со стороны человека и предусматривать возможность отключения пользователем [15]. Эти требования дополняются принципами прозрачности и проверяемости алгоритмов, усиленной защиты нейроданных и обязательного человеческого контроля при принятии решений, затрагивающих здоровье и права личности.

Для цифрового здравоохранения Российской Федерации закрепление нейроправ и требований к ИИ является условием ответственного внедрения нейротехнологий в систему здравоохранения. Применение ИИ в диагностике, реабилитации и управлении нейроинтерфейсами должно осуществляться под контролем

квалифицированного специалиста с обеспечением прослеживаемости решений, защиты нейроданных и независимого аудита [1, 16]. Использование мультимодальных моделей требует повышенного внимания к валидации, объяснимости и контролю результатов [17]. Такой подход способствует развитию персонализированной медицинской помощи при сохранении автономии пациента, снижении риска алгоритмической дискриминации и укреплении доверия к цифровым технологиям [1, 16, 17].

Согласно Нейрокодексу, взаимосвязь ключевых нейроправ и гарантий ответственного применения ИИ в нейротехнологиях представлена на рисунке 6.

Место нейрокодекса в международной системе этического регулирования

Проведенный сравнительный анализ показывает, что концептуальная архитектура Нейрокодекса в целом согласуется с основными направлениями международной нейроэтической повестки, включая правозащитный подход, ответственные инновации, риск-ориентированное управление, защиту нейроданных и междисциплинарный надзор.



Рисунок 6. Взаимосвязь основных нейроправ и этических гарантий ответственного применения искусственного интеллекта в нейротехнологиях согласно Нейрокодексу

Figure 6. The interrelation of the basic neuro-rights and ethical guarantees of responsible use of artificial intelligence in neurotechnology according to the Neurocode

Сходство его базовых положений с подходами ЮНЕСКО и ОЭСР создает условия для сопоставимости национальных практик и их последующей интеграции в международную систему регулирования нейротехнологий [7, 8].

Научно-практическая значимость Нейрокодекса состоит в комплексном рассмотрении этики интерфейсов «мозг–компьютер», защиты нейроданных, кибербезопасности, искусственного интеллекта и долгосрочного сопровождения. В современных нейротехнологиях эти направления образуют единый социотехнический контур: алгоритмическая ошибка может быть вызвана смещением данных, утечка информации – архитектурой

платформы, а ограничение автономии – сочетанием интерфейсных решений и институционального давления [1, 15-17].

Ограничения и направления дальнейшего развития

Сильной стороной документа является стремление операционализировать этические принципы посредством классификации рисков, чек-листа соответствия и повторной экспертизы. Дальнейшее развитие данного подхода целесообразно связать с измеримыми индикаторами, включая наличие ручного отключения критических функций, сроки уведомления об инцидентах, полноту

журналирования изменений модели, план прекращения поддержки и периодичность переоценки рисков.

Необходимы формализация критериев четырех уровней риска, более четкое разграничение медицинских, исследовательских, потребительских, трудовых и государственно-управленческих сценариев применения нейротехнологий, а также юридико-техническая гармонизация понятий «нейроданные», «когнитивное состояние» и «нейромодификация» [2, 3]. Добровольная этическая оценка по Нейрокодексу должна быть отделена от обязательной оценки соответствия медицинских изделий [10].

Нейроэтическое регулирование не должно основываться на гиперболизированных представлениях о «чтении мыслей» [14]. Оно должно учитывать реальные технические возможности, ограниченность интерпретации нейросигналов и контекстную зависимость моделей [6, 11, 14]. Вместе с тем принцип предосторожности оправдан при значительном потенциальном вреде и недостаточной изученности долгосрочных последствий [2, 6].

Для интеллектуального здравоохранения особое значение имеет связь Нейрокодекса с оценкой социально-экономических эффектов и сопутствующих рисков медицинских технологий [2, 18]. Этическая приемлемость должна анализироваться наряду с клинической эффективностью, безопасностью и организационно-

экономическими последствиями [16, 18]. При внедрении ИМК необходимо учитывать доступность технологий, подготовку персонала, непрерывность сопровождения и влияние на неравенство в здравоохранении [2, 18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нейрокодекс версии 1.0, разработанный в ИППИ РАН, представляет собой российскую научную инициативу по формированию специализированной этической рамки полного жизненного цикла нейротехнологий и интерфейсов «мозг–компьютер». Сравнительный анализ показал, что его концептуальная архитектура в целом согласуется с правозащитным, риск-ориентированным и междисциплинарным подходами, представленными в документах ОЭСР, ЮНЕСКО и Совета Европы. Отличительной особенностью проекта является объединение принципов когнитивной свободы, ментальной приватности, безопасности, справедливости, киберустойчивости и подотчетности с процедурами этической экспертизы, классификации риска, мониторинга и долгосрочного сопровождения. Дальнейшее развитие проекта требует апробации на реальных проектах, формализации критериев риска, разработки измеримых индикаторов соответствия, нормативно-правовой гармонизации и участия пациентов и пользователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоров М. В., Репин Д. А., Вошев Д. В., Клевцова О. Ю., Никитин Е. Н., Щеголев П. Е., Игнатьев С. А., Несутулов А. С., Тимофеева М. А., Елизарова П. В., Ткаченко А. А. Перспективы применения нейроинтерфейсов в здравоохранении: социально-экономические эффекты и риски: обзор. Российский кардиологический журнал. 2026;31(2S):6902. doi: 10.15829/1560-4071-2026-6902. EDN: VRTNHE.
2. Вошев Д. В., Шепель Р. Н., Вошева Н. А., Драпкина О. М. Искусственный интеллект в здравоохранении: исторический путь, вызовы и перспективы (1960–2025 гг.). Первичная медико-санитарная помощь. 2025;2(3):35–47. doi: 10.15829/3034-4123-2025-72. EDN: EBZDFN.
3. Лебедев М. А., Репин Д. А., Тимофеева М. А. Перспективы применения нейроинтерфейсов и технологий расширенной реальности в государственном управлении. Экономика и управление. 2025;31(4):467–474. doi: 10.35854/1998-1627-2025-4-467-474.
4. Burwell S., Sample M., Racine E. Ethical aspects of brain computer interfaces: a scoping review. BMC Medical Ethics. 2017;18:60. doi: 10.1186/s12910-017-0220-y.
5. Livanis E., Zafeiriou D., Zafeiriou M. P. Understanding the ethical issues of brain-computer interfaces. Cureus. 2024;16(4):e58243. doi: 10.7759/cureus.58243.
6. Фирсов Д. Е., Ивашковская А. В. Этические вопросы применения нейротехнологий. Медицинская этика. 2024;(4):4–9.
7. OECD. Recommendation of the Council on Responsible Innovation in Neurotechnology. OECD/LEGAL/0457. Paris; 2019.
8. UNESCO. Recommendation on the Ethics of Neurotechnology. Paris; 2025.
9. Council of Europe. Privacy and Data Protection Implications of Neurotechnology and Neural Data. Strasbourg; 2024.
10. Tournas L. N., Johnson W. G. Regulating brain–computer interfaces. IEEE Transactions on Technology and Society. 2023;4(2):119–124. doi: 10.1109/TTS.2022.3208821.
11. Szoszkiewicz Ł., et al. Mental privacy: navigating risks, rights and regulation. npj Digital Medicine. 2025.
12. Wohns N., et al. Caregivers in implantable brain-computer interface research. Frontiers in Human Neuroscience. 2024;18:1490066. doi: 10.3389/fnhum.2024.1490066.
13. Cassinadri G., Ienca M. Non-voluntary BCI explantation. Journal of Medical Ethics. 2024. doi: 10.1136/jme-2023-109830.
14. Han F., et al. Does brain-computer interface-based mind reading threaten mental privacy? BMC Medical Ethics. 2025;26:134. doi: 10.1186/s12910-025-01229-x.
15. Федоров М. В., Репин Д. А., Игнатьев С. А. Технологии

искусственного интеллекта в государственном управлении: разработка парадигмы разумного (само)ограничения. Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2024;5(149):46–53.

16. Федоров М. В., Репин Д. А., Клевцова О. Ю., Игнатьев С. А., Бедрик О. И., Изотова М. Е., Буслов К. А., Щеголева А. А., Демко В. В. Искусственный интеллект в медицинских технологиях: модели, методы и перспективы клинического применения. Первичная медико-санитарная помощь. 2026;3(2):16–22. doi: 10.15829/3034-4123-2026-135. EDN: WQYIBS.

17. Назаренко А. Г., Федоров М. В., Мошкин А. С., Арлазаров В. В., Грибова В. В., Репин Д. А., Вошев Д. В., Клевцова О. Ю., Игнатьев С. А., Люткин Д. А., Романов А. Ю. Мультимодальные модели в медицинской диагностике как универсальный инструмент. Вестник Росздравнадзора. 2026;(1):14–29.

18. Федоров М. В., Клевцова О. Ю., Игнатьев С. А. Трансляция междисциплинарных методов искусственного интеллекта в медицинскую диагностику: оценка социально-экономических эффектов. Экономика и управление. 2026;32(2):180–194. doi: 10.35854/1998-1627-2026-2-180-194.

REFERENCES

1. Fedorov M. V., Repin D. A., Voshev D. V., Klevtsova O. Yu., Nikitin

E. N., Shchegolev P. E., Ignatiev S. A., Nesutulov A. S., Timofeeva M. A., Elizarova P. V., Tkachenko A. A. Prospects for the use of neural interfaces in healthcare: socioeconomic effects and risks: a review. Russian Journal of Cardiology. 2026;31(2S):6902. doi: 10.15829/1560-4071-2026-6902. EDN: VRTNHE. (In Russ.)

2. Voshev D. V., Shepel R. N., Vosheva N. A., Drapkina O. M. Artificial intelligence in healthcare: historical development, challenges, and prospects (1960–2025). Primary Health Care. 2025;2(3):35–47. doi: 10.15829/3034-4123-2025-72. EDN: EBZDFN. (In Russ.)

3. Lebedev M. A., Repin D. A., Timofeeva M. A. Prospects for the use of neural interfaces and extended reality technologies in public administration. Economics and Management. 2025;31(4):467–474. doi: 10.35854/1998-1627-2025-4-467-474. (In Russ.)

4. Burwell S., Sample M., Racine E. Ethical aspects of brain computer interfaces: a scoping review. BMC Medical Ethics. 2017;18:60. doi: 10.1186/s12910-017-0220-y.

5. Livanis E., Zafeiriou D., Zafeiriou M. P. Understanding the ethical issues of brain-computer interfaces. Cureus. 2024;16(4):e58243. doi: 10.7759/cureus.58243.

6. Firsov D. E., Ivashkovskaya A. V. Ethical issues in the application of neurotechnologies. Medical Ethics. 2024;(4):4–9. (In Russ.)

7. OECD. Recommendation of the Council on Responsible Innovation in Neurotechnology. OECD/LEGAL/0457. Paris; 2019.
8. UNESCO. Recommendation on the Ethics of Neurotechnology. Paris; 2025.
9. Council of Europe. Privacy and Data Protection Implications of Neurotechnology and Neural Data. Strasbourg; 2024.
10. Tournas L. N., Johnson W. G. Regulating brain–computer interfaces. *IEEE Transactions on Technology and Society*. 2023;4(2):119–124. doi: 10.1109/TTS.2022.3208821.
11. Szoszkiewicz Ł., et al. Mental privacy: navigating risks, rights and regulation. *npj Digital Medicine*. 2025.
12. Wohns N., et al. Caregivers in implantable brain-computer interface research. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2024;18:1490066. doi: 10.3389/fnhum.2024.1490066.
13. Cassinadri G., Ienca M. Non-voluntary BCI explantation. *Journal of Medical Ethics*. 2024. doi: 10.1136/jme-2023-109830.
14. Han F., et al. Does brain-computer interface-based mind reading threaten mental privacy? *BMC Medical Ethics*. 2025;26:134. doi: 10.1186/s12910-025-01229-x.
15. Fedorov M. V., Repin D. A., Ignatiev S. A. Artificial intelligence technologies in public administration: developing a paradigm of reasonable (self-)limitation. *Proceedings of the Saint Petersburg State University of Economics*. 2024;5(149):46–53. (In Russ.)
16. Fedorov M. V., Repin D. A., Klevtsova O. Yu., Ignatiev S. A., Bedrik O. I., Izotova M. E., Buslov K. A., Shchegoleva A. A., Demko V. V. Artificial intelligence in medical technologies: models, methods, and prospects for clinical application. *Primary Health Care*. 2026;3(2):16–22. doi: 10.15829/3034-4123-2026-135. EDN: WQYIBS. (In Russ.)
17. Nazarenko A. G., Fedorov M. V., Moshkin A. S., Arlazarov V. V., Gribova V. V., Repin D. A., Voshev D. V., Klevtsova O. Yu., Ignatiev S. A., Lyutkin D. A., Romanov A. Yu. Multimodal models in medical diagnostics as a universal tool. *Bulletin of Roszdravnadzor*. 2026;(1):14–29. (In Russ.)
18. Fedorov M. V., Klevtsova O. Yu., Ignatiev S. A. Translation of interdisciplinary artificial intelligence methods into medical diagnostics: assessment of socioeconomic effects. *Economics and Management*. 2026;32(2):180–194. doi: 10.35854/1998-1627-2026-2-180-194. (In Russ.).