

М. А. Сорочинский, Ф. И. Корякин

Нейропедагогика как направление трансформации педагогической науки на основе методов нейротехнологий

Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, г. Якутск, Россия

Аннотация. Развитие педагогической науки на основе междисциплинарных связей является востребованным в связи с обогащением педагогики новыми методами, формами и технологиями. Одним из таких направлений является нейронаука. Нейронаука – это научное направление, которое занимается изучением химических, биологических и анатомических особенностей, влияющих на деятельность мозга и нервной системы. Интерес образования к нейротехнологиям связан с возможностью индивидуализации образовательного процесса и персонификацией образовательных технологий. С одной стороны, на основе обширного опыта изучения мозга они помогают фиксировать текущее состояние обучаемого (эмоциональное и физиологическое) фактически без воздействия на него. С другой стороны, позволяют развивать познавательные функции. В статье представлен анализ истории нейронауки, ее основных вех и достижений, которые направлены на развитие нейропедагогики как одного из современных междисциплинарных направлений развития педагогического образования. Она основана на взаимодействии педагогики, психологии и нейронауки для изучения педагогических процессов с точки зрения реакции головного мозга. Во всем мире активно развивается данное направление, рассмотрены основные методы нейронауки (ЭЭГ, МРТ, МЭГ, ТД и др.), одним из которых является ЭЭГ (электроэнцефалограмма), позволяющая регистрировать биоэлектрическую активность головного мозга и интерпретировать ее по состоянию человека (медитация, концентрация и др.). Развитие данного направления может помочь современным педагогам в индивидуализации образовательного процесса, психологической работе с детьми, мотивации обучаемых.

Ключевые слова: педагогика, образование, нейротехнологии, нейропедагогика, нейронаука, междисциплинарные исследования, развитие образования, активность мозга, ЭЭГ.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых – кандидатов наук Российской Федерации (МК-1901.2022.2).

СОРОЧИНСКИЙ Максим Анатольевич – к. пед. н., доцент кафедры информатики и вычислительной техники Педагогического института, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова.

E-mail: maxs911@bk.ru

Тел.: +79644172020

SORochinsky Maxim Anatolyevich – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Computer Science and Computer Engineering, Teacher Training Institute, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

E-mail: maxs911@bk.ru

Tel.: +79644172020

КОРЯКИН Филипп Иванович – студент кафедры информатики и вычислительной техники Педагогического института, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова.

KORYAKIN Philip Ivanovich – student, Department of Computer Science and Computer Engineering, Teacher Training Institute, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

M. A. Sorochinsky, F. I. Koryakin

Neuropedagogy as a direction of transformation of pedagogical science based on methods of neurotechnologies

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Abstract. The development of pedagogical science on the basis of interdisciplinary connections is in demand in connection with the enrichment of pedagogy with new methods, forms, and technologies. One of these areas is neuroscience. Neuroscience is a scientific field that studies chemical, biological and anatomical features that affect the activity of the brain and nervous system. The interest of education in neurotechnologies is associated with the possibility of individualization of the educational process and the personification of educational technologies. On the one hand, based on extensive experience in studying the brain, they help to fix the current state of the student (emotional and physiological) without actually affecting him. And on the other hand, they allow you to develop cognitive functions. The article presents an analysis of the history of neuroscience, its main milestones and achievements, which are aimed at the development of neuropedagogy as one of the modern interdisciplinary directions of the development of pedagogical education. It is based on the interaction of pedagogy, psychology and neuroscience to study pedagogical processes from the point of view of the reaction of the brain. This direction is actively developing all over the world, the main methods of neuroscience (EEG, MRI, MEG, etc.) are considered, one of which is EEG (electroencephalogram), which allows registering bioelectric activity of the brain and interpreting it according to the human condition (meditation, concentration etc.). The development of this direction can help modern teachers in the individualization of the educational process, psychological work with children, motivation of students.

Keywords: pedagogy, education, neurotechnology, neuropedagogy, neuroscience, interdisciplinary research, education development, brain activity, EEG.

The work was supported by a grant from the President of the Russian Federation for state support of young scientists – Candidates of Sciences of the Russian Federation (МК-1901.2022.2).

Введение

В условиях новой цифровой экономики педагогическое образование не может работать по старой модели и с прежней эффективностью, используя традиционные процессы, методики, образовательные технологии и инструменты [1]. Одно из перспективных направлений в области развития образования – оценка образования и образовательных материалов на уровне биологических сигналов человека (мозговой активности), что позволяет отследить непосредственную реакцию организма на различные образовательные условия. Подобно кардиограмме, используя методы регистрации колебаний электрического потенциала по поверхности головы (электроэнцефалограмму), мы можем судить об активности мозга.

Цель работы – анализ использования нейротехнологий в педагогической науке.

Интерес к рассматриваемому научному направлению возникает в конце 20-го века, когда в области нейронаук стали широко развиты методы снятия показателей активности мозга и был накоплен значительный опыт по его изучению, прежде всего, в таких направлениях как нейробиология, нейрофизиология, нейропсихология и др. Именно в это время происходит новая фаза развития нейронауки как за рубежом, так и в России (В. А. Москвитина, Н. А. Москвитина, Т. П. Хризман и др.) [2].

Вклад в развитие основ электроэнцефалографии (ЭЭГ), как одного из методов исследования нейронауки, внесли отечественные ученые: В. Я. Дягилевский, Н. Е. Введенский, В. В. Правдич-Неминский и др.

Всё это послужило развитию нового направления в отечественной педагогике.

Историческое развитие нейронауки

Для раскрытия педагогического потенциала нейротехнологий рассмотрим истоки данного направления и их взаимосвязи с образовательной деятельностью. Если рассматривать нейронауку как отдельное направление, то она представляет собой «научное направление, которое занимается изучением химических, биологических и анатомических особенностей, влияющих на деятельность мозга и нервной системы» [3]. Однако всё чаще нейронауку рассматривают как направление, которое имея научную базу по исследованию мозга (знания, исследования, методики) способна встраиваться в различные направления науки и является так называемым «зонтичным понятием», объединяя различные междисциплинарные направления деятельности других наук (психология, медицина, биология, химия, физика и др.).

Очень часто нейронауку и нейробиологию рассматривают как два синонимичных понятия, однако, это не совсем так. Основная задача нейробиологии – это изучение функций нервной системы, в том числе опосредующее поведение, а нейронаука изучает структуру и функции мозга и нервной системы [4].

Одним из родоначальников изучения сигналов электрической активности головного мозга принято считать Ричарда Катона. Именно он в 1875 году открыл наличие электрических импульсов на поверхности мозга у животных. Исследование данного направления развивалось и в 1924 году. Гансом Бергером была зафиксирована одна из первых электроэнцефалограмм (фиксация происходила гальванометром при помощи скальпов игольчатых электродов). Его считают одним из родоначальников ЭЭГ и человеком, открывшим альфа-ритмы [5]. Работы Бергера получили дальнейшее развитие в медицине.

Работа с данными об электрической активности головного мозга продолжилась (Н. Е. Введенский, В. Я. Дягилевский, В. В. Правдич-Неминский), открывались новые ритмы (дельта, гамма, тета, дельта), ЭЭГ стали активно использовать в медицине для диагностирования заболеваний головного мозга.

Помимо открытия новых ритмов, появились работы о возможности принудительного укрепления центров мозга и сознательной регуляции мозговых ритмов, об активных ритмах сенсомоторной коры, а также многие другие исследования, которые в итоге привели к появлению термина «braincomputer interface» (интерфейс мозг-компьютер), позволяющий управлять устройствами с помощью активности мозга.

Методы нейронауки, используемые в нейропедагогике

В арсенале нейронауки имеется множество методов, которые характерны и использовались в основном в медицине, нейронауке, однако, они сейчас используются и в других направлениях, в том числе и нейропедагогических исследованиях:

– Магнитоэнцефалография (МЭГ). Регистрирует не сами электрические импульсы, а магнитное поле, которое они создают. Для этого даже не нужно ничего крепить к голове – все необходимые датчики находятся внутри «шлема», который надевается на голову испытуемого. Метод точный, но очень дорогой – редко какой исследовательский центр может себе позволить аппаратуру для него. К тому же МЭГ-системы нельзя перевозить, и для исследований, например, в школьных классах они неприменимы.

– Магнитно-резонансная томография (МРТ). Позволяет получать изображения внутренних органов, используя явление ядерно-магнитного резонанса. Для этого ядра атомов водорода (его много в человеческом теле – в составе воды и не только) возбуждают электромагнитными волнами безопасной для организма частоты, а потом регистрируют выделенную ядрами энергию.

– Транскраниальная доплерография. Ультразвуковое исследование сосудов головного мозга. Головной мозг почти полностью закрыт плотными и толстыми костями черепа, есть

лишь несколько «окон прозрачности», например, на висках. На них и направляют ультразвуковые зонды.

Как и у МРТ, у транскраниальной доплерографии есть функциональная версия. С её помощью можно узнать, как меняется кровоток в мозге во время различных действий. Ультразвуковое оборудование не такое громоздкое, как МРТ-сканеры или МЭГ-системы, но тоже применяется только в лабораторных условиях [6].

– Айттрекинг или окулография. Технология, отслеживающая движение глаз и позволяющая проследить последовательность, с которой глаза наблюдателя фиксируют различные части рассматриваемого объекта. Данное направление активно используется в маркетинге, изучении покупательской способности, в дизайне различных электронных ресурсов (сайтов, игр, приложений и др.), а также в последнее время в образовательной деятельности [7].

– Электроэнцефалография (ЭЭГ). Представляет собой запись электрической активности мозга с помощью электродов, закреплённых на коже головы. В последние годы большое развитие получили портативные ЭЭГ – с ними испытуемые могут двигаться и вести себя более естественно.

Метод позволяет фиксировать изменения в мозге практически в реальном времени, но обладает невысоким пространственным разрешением, то есть по данным ЭЭГ можно точно сказать, когда активность мозга изменилась, но лишь приблизительно определить, в какой точке это произошло.

По амплитуде и скорости колебаний выделяют несколько основных типов мозговой активности – альфа, бета, гамма, тета и дельта-волны. Их можно регистрировать при помощи ЭЭГ, перекодировать в доступную для восприятия форму, например, в такие показатели как внимание, настроение, концентрация, увлечённость, когнитивная и эмоциональная нагрузка и др. Это один из самых доступных методов, который активно используется в нейропедагогике.

Развитие нейропедагогике как направление нейронауки

Нейротехнологии в педагогической науке начали использовать относительно недавно. Все началось в 1988 г., когда Герхард Прайс определил новый термин – «нейродидактика», «направленный на обозначение междисциплинарной области, существующей на пересечении нейронаук, педагогики и психологии, в рамках которого разрабатываются вопросы организации условий эффективного обучения, основанного на результатах исследований функционирования структур головного мозга и нервной системы» [8].

С точки зрения взаимодействия наук, образовательная нейронаука или нейропедагогика – «это научное направление, объединившее когнитивные науки, нейронауку, педагогическую психологию, методику, дидактику и другие связанные дисциплины для исследования взаимосвязей между физиологическими процессами мозга и обучением» [9].

Если рассматривать термин, основываясь на функциональной составляющей, то «нейропедагогика – прикладная нейронаука использования знаний когнитивной неврологии, дифференциальной психофизиологии, нейропсихологических знаний, данных о мозговой организации процессов овладения различными видами учебного материала, учёта совместности вариантов ИПЛ (индивидуальный профиль латерации) учащихся и преподавателей в образовательном процессе» [10].

Возникновение нейропедагогике, как отдельного направления, в России происходит в начале 2000-х годов (1997–2000 гг.) и связано с работами В. А. Москвина, Н. В. Москвиной, Н. В. Еремеевой, Т. П. Хризман и др. В других странах развитие началось примерно в это же время: «параллельно данное направление педагогики развивалось и в США, что привело к организации крупнейшего международного проекта «Мозг и обучение» (Brain

and Learning). Данный проект объединяет ученых тридцати стран мира и своей главной целью ставит популяризацию знаний о работе мозговых структур среди педагогов. В рамках образовательной нейронауки создана Международная ассоциация «Сознание, мозг и обучение» (International Mind, Brain, and Education Society, IMBES), с 2016 года выпускающая одноименный журнал» [11]. Исследования в области функционирования мозга «перешли в фазу, когда настало время критически подумать о форме, в которой получаемая информация предоставляется преподавателям, чтобы она была надлежащим образом интерпретирована для практики, определяя, какие результаты исследований готовы к осуществлению, а какие нет» [12].

По всему миру создаются исследовательские центры, лаборатории, учебные заведения, направленные на проведение нейропедагогических исследований и внедрение в образовательный процесс:

- Центр образовательной нейронауки в Лондоне;
- Институт когнитивной нейрологии Современной гуманитарной академии;
- Институт когнитивных наук Высшей школы экономики и другие.

Проводятся различные эксперименты в области очного обучения, например, «Group-a-Ware» – прототип системы, «которая отслеживает процесс обучения и состояние обучающегося, анализирует эмоции и когнитивные процессы и дает обратную связь в режиме реального времени. В Group-a-Ware с помощью нейрогарнитуры и биометрических браслетов регистрируются потоки данных, из них вычисляются индексы, соответствующие разным аспектам и характеристикам когнитивной нагрузки, различные психофизиологические показатели, указывающие на то, как происходит процесс обучения. Эти данные обрабатываются в реальном времени и предъявляются преподавателю вместе с рекомендациями для того, чтобы он мог на ходу корректировать программу обучения. Точно так же каждый слушатель получает персональную обратную связь для самостоятельного контроля. Это происходит как по ходу процесса, так и постфактум, в виде отчета [13]. Новизна проводимого исследования заключается в уникальной комплексной оценке эффективности видеолекций и образовательных материалов в рамках электронного обучения с использованием нейротехнологий: нейроинтерфейсов (отслеживание и интерпретация мозговой активности, ЭЭГ) и окулографии (отслеживание движения глаз и концентрации на определенных объектах).

Аналогичными исследованиями занимается и российский стартап Neiry (резидент Фонда Сколково), который создает нейроинтерфейсы и алгоритмы обработки нейроданных, занимается разработкой нейротехнологий и созданием продуктов на базе интерфейсов «мозг-компьютер» для образования, развлечений, промышленности, медицины и персонального использования.

Компания проводит тестирование в российских школах VR-шлемом со встроенным нейроинтерфейсом. В 2021 г. она запустила три пилотных проекта в Москве, Казани и Ленинградской области – школьники протестировали VR-шлемы со встроенными нейроинтерфейсами и прошли тестирование по материалам из школьной программы. Использование VR вместе с нейроинтерфейсами «позволяет педагогам получать дополнительную информацию о реакции учеников на образовательный контент. Так что это весьма перспективная идея: можно создавать идеальные образовательные сценарии» [14].

Заключение

Таким образом, образовательная нейронаука или нейропедагогика на сегодняшний день является перспективным направлением развития образования, что доказывается в ходе проведенного анализа литературы и проводимых исследований.

Развитие нейротехнологий в образовательной деятельности может позволить взглянуть на процесс образования с точки зрения мозга обучаемого (процессов происходящих во время обучения), при этом фактически не вмешиваясь в образовательный процесс и не влияя на обучаемого, что имеет достаточно объективный характер. На этой основе возможно попробовать выстроить индивидуальную образовательную траекторию и персонализировать образовательный процесс.

Перспективными направлениями развития нейропедагогики выступают: оценка текущего состояния (физиологическое, эмоциональное) обучаемого на основе данных о ритмах мозга; реализация принципа биологической обратной связи (визуализация собственных мозговых ритмов, тренировка и управление собственным когнитивным состоянием); воздействие на значимые для обучения зоны мозга, в том числе на эмоциональное состояние (нейропластичность). Реализация и изучение данного направления является попыткой по увеличению эффективности образования и ожидаемых образовательных результатов.

Л и т е р а т у р а

1. Digital Education as a New Vector of Development of Education in the Northern Regions / T. V. Tretyakova, E. A. Barakhsanova, M. S. Prokopyev [et al.] // Integrating Engineering Education and Humanities for Global Intercultural Perspectives : Proceedings of the Conference «Integrating Engineering Education and Humanities for Global Intercultural Perspectives», St. Petersburg, 25–27 марта 2020 года. – St. Petersburg: Springer Nature, 2020. – P. 864-870. – DOI 10.1007/978-3-030-47415-7_93.

2. Подлиняев, О. Л. Основы нейропедагогики / О. Л. Подлиняев, К. А. Морнов // Труды Братского государственного университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. – 2015. – Т. 1. – С. 186-191. – EDN VHOSSV.

3. Нейронаука // CMI Brain Research [сайт]. – URL: <https://cmi.to/нейронаука/> (Дата обращения 10.05.2022).

4. Neuroscience // Oxford Learner’s Dictionaries [сайт]. – URL: <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/neuroscience?q=neuroscience> (Дата обращения 05.05.2022).

5. Гончарова, А. О. Управление техническими объектами с использованием нейронинтерфеса / А. О. Гончарова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 01–20 мая 2017 года. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2017. – С. 4316-4311. – EDN URURXW.

6. Нейронауки об образовании // Институт образования ВШЭ [сайт]. – URL: <https://ioe.hse.ru/news/594290981.html> (Дата обращения 16.03.2022).

7. Dong, W., Ying, Q., Yang, Y., Tang, S., Zhan, Z., Liu, B., & Meng, L. (2019). Using Eye Tracking to Explore the Impacts of Geography Courses on Map-based Spatial Ability. *Sustainability*, 11(1), 76. <https://doi.org/10.3390/su11010076>.

8. Куликова, О. В. Нейродидактический подход как фактор повышения качества обучения иноязычному профессиональному общению / О. В. Куликова // Вестник МГЛУ. – 2014. – № 14 (700). – С. 107-114.

9. Meltzof A., Kuhl P., Movellan J., Sejnowski T. – “Foundations for a New Science of Learning” – *Science* – 325(5938), 2009.

10. Вербицкая, Н. О. Цифровая трансформация непрерывного образования: новый виток развития нейропедагогики / Н. О. Вербицкая // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. – 2019. – Т. 11. – № 3. – С. 6-20. – DOI 10.14529/ped190301. – EDN SCSVUH.

11. Лившиц, В. На пути к нейропедагогике. *Educational neuroscience* / В. Лившиц // Проза.ру [сайт]. – URL: <https://proza.ru/2012/10/11/897> (Дата обращения 16.05.2022).

12. Сорочинский, М. А. Нейропедагогика как направление развития современного образования / М. А. Сорочинский, В. С. Адамов // Современное образование: традиции и инновации. – 2022. – № 2. – С. 37-39.

13. Нейронаука в обучении // Сберуниверситет [сайт]. – URL: <https://sberuniversity.ru/edutech-club/glossary/921/> (Дата обращения 10.03.2022).

14. Колесникова, К. Нейроинтерфейс поможет школьникам лучше учиться / К. Колесникова // Российская газета RG.RU [сайт]. – URL: <https://rg.ru/2021/03/07/nejrointerfejs-pomozhet-shkolnikam-luchshe-uchitsia.html> (Дата обращения 09.04.2022).

References

1. Digital Education as a New Vector of Development of Education in the Northern Regions / T. V. Tretyakova, E. A. Barakhsanova, M. S. Prokopyev [et al.] // Integrating Engineering Education and Humanities for Global Intercultural Perspectives : Proceedings of the Conference “Integrating Engineering Education and Humanities for Global Intercultural Perspectives”, St. Petersburg, 25–27 marta 2020 goda. – St. Petersburg: Springer Nature, 2020. – P. 864-870. – DOI 10.1007/978-3-030-47415-7_93.

2. Podlinjaev, O. L. Osnovy nejropedagogiki / O. L. Podlinjaev, K. A. Mornov // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Gumanitarnye i social'nye nauki. – 2015. – T. 1. – S. 186-191. – EDN VHOSSV.

3. Nejrionauka // CMI Brain Research [сайт]. – URL: <https://cmi.to/nejrionauka/> (Data obrashhenija 10.05.2022).

4. Neuroscience // Oxford Learner's Dictionaries [сайт]. – URL: <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/neuroscience?q=neuroscience> (Data obrashhenija 05.05.2022).

5. Goncharova, A. O. Upravlenie tehničeskimi ob#ektami s ispol'zovaniem nejrointerfesa / A. O. Goncharova // Mezhdunarodnaja nauchno-tehničeskaja konferencija molodyh uchenyh BGTU im. V.G. Shuhova, Belgorod, 01–20 maja 2017 goda. – Belgorod: Belgorodskij gosudarstvennyj tehnologičeskij universitet im. V.G. Shuhova, 2017. – S. 4316-4311. – EDN URURXW.

6. Nejrionauki ob obrazovanii // Institut obrazovanija VShJe [сайт]. – URL: <https://ioe.hse.ru/news/594290981.html> (Data obrashhenija 16.03.2022).

7. Dong, W., Ying, Q., Yang, Y., Tang, S., Zhan, Z., Liu, B., & Meng, L. (2019). Using Eye Tracking to Explore the Impacts of Geography Courses on Map-based Spatial Ability. Sustainability, 11(1), 76. <https://doi.org/10.3390/su11010076>.

8. Kulikova O.V. Nejroididaktičeskij podhod kak faktor povyšhenija kachestva obuchenija inojazychnomu professional'nomu obshheniju // Vestnik MGLU. 2014. № 14 (700). S. 107–114.

9. Meltzof A., Kuhl P., Movellan J., Sejnowski T. – “Foundations for a New Science of Learning” – Science – 325(5938), 2009.

10. Verbickaja, N. O. Cifrovaja transformacija nepreryvnogo obrazovanija: novyj vitok razvitija nejropedagogiki / N. O. Verbickaja // Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Obrazovanie. Pedagogičeskie nauki. – 2019. – T. 11. – № 3. – S. 6-20. – DOI 10.14529/ped190301. – EDN SCSVUH.

11. Livshic, V. Na puti k nejropedagogike. Educational neuroscience // Proza.ru [сайт]. – URL: <https://proza.ru/2012/10/11/897> (Data obrashhenija 16.05.2022).

12. Sorochinskij, M. A. Nejropedagogika kak napravlenie razvitija sovremennogo obrazovanija / M. A. Sorochinskij, V. S. Adamov // Sovremennoe obrazovanie: tradicii i innovacii. – 2022. – № 2. – S. 37-39.

13. Nejrionauka v obuchenii // Sberuniversitet [сайт]. – URL: <https://sberuniversity.ru/edutech-club/glossary/921/> (Data obrashhenija 10.03.2022).

14. Kolesnikova, K. Nejrointerfejs pomozhet shkol'nikom luchshe uchit'sja // Rossijskaja gazeta RG.RU [сайт]. – URL: <https://rg.ru/2021/03/07/nejrointerfejs-pomozhet-shkolnikam-luchshe-uchitsia.html> (Data obrashhenija 09.04.2022).

