

Цифровизация в образовании Digitalization of education

Научная статья
УДК 37.022
DOI: 10.14529/ped220306

ЦИФРОВАЯ НЕЙРОДИДАКТИКА В РАЗВИТИИ ЧЕЛОВЕКА В ТЕЧЕНИЕ ВСЕЙ ЖИЗНИ

*Н.О. Вербицкая, n.o.verbitskaya@usue.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4749-1359>
Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия*

Аннотация. Современная ситуация породила новые процессы развития гуманитарного и естественнонаучного знания – нейроисследования и цифровизация (цифровая трансформация), преобразующие обучение в течение всей жизни LifeLongLearning (LLL). Статья представляет попытку решения задачи развития и расширения спектра применения достижения нейронаук и методологических принципов нейродидактики в LLL в перспективном рассмотрении цифровой нейродидактики. Использование достижений нейронаук в LLL связано с педагогической интерпретацией нейробиологических достижений и базы знаний. Для этого сформулированы необходимые исходные положения методологии цифровой нейродидактики для обучения и самообучения в течение всей жизни. Использование методологического конструирования позволило выявить перспективные методологические подходы цифровой нейродидактики. Каждый из подходов обладает функциональным потенциалом и позволяет интегрировать уже имеющиеся группы принципов и технологий, доказавших свою эффективность в цифровых средах. В настоящее время активного и углубленного погружения процессов LLL в цифровую среду цифровые процессы в значительной степени опережают в функциональных возможностях воздействия на мозг человека и прямого взаимодействия с ним. Нарастает необходимость глобального научного взаимодействия для того, чтобы цифровые возможности работали на развитие и совершенствование мозга, что делает актуальным девиз, сформулированный лондонским Королевским обществом в отношении естественных нейросетей мозга: «используй или потеряй».

Ключевые слова: цифровая нейродидактика, обучение в течение всей жизни

Для цитирования: Вербицкая Н.О. Цифровая нейродидактика в развитии человека в течение всей жизни // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование. Педагогические науки». 2022. Т. 14, № 3. С. 58–68. DOI: 10.14529/ped220306

Original article
DOI: 10.14529/ped220306

DIGITAL NEURODIDACTICS IN LIFELONG LEARNING OF HUMAN BEING DEVELOPMENT

*N.O. Verbitskaya, n.o.verbitskaya@usue.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4749-1359>
Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia*

Abstract. The rapid development of technologies has given rise to new humanitarian and natural sciences, namely, neuroscience and digital didactics, which are transforming Life Long Learning (LLL). The author offers to expand the range of applications of neuroscience and methodological principles of neurodidactics in LLL to develop rationale for digital neurodidactics. The use of neuroscience achievements in LLL is related to the pedagogical interpretation of neuroscience achievements. To do this, the necessary initial provisions of the methodology of digital neurodidactics for long life learning are formulated. The promising methodological approaches to digital neurodidactics are identified. Each of the approaches has a functional

potential and allows integrating existing groups of principles and technologies that have proven their effectiveness in digital environments. Nowadays LLL processes are immersed into digital environment, which uses the latest technologies, which in their turn influence the human brain and interact with it. There is a growing need for global scientific collaboration to make digital opportunities work for the development and improvement of the brain, which makes relevant the motto formulated by the Royal Society of London in relation to the natural neural networks of the brain: “use it or lose it”.

Keywords: digital neurodidactics, Life Long Learning (LLL)

For citation: Verbitskaya N.O. Digital neurodidactics in lifelong learning of human being development. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education. Educational Sciences.* 2022;14(3):58–68. (In Russ.) DOI: 10.14529/ped220306

Постановка задачи

Процессы образования в течение всей жизни являются одним из популярных вопросов научной повестки уже несколько десятилетий. LifeLongLearning (LLL) с течением времени стал уже не просто аббревиатурой английского языка, означающего обучение в течение всей жизни, а превратился в самостоятельный научный термин. Методологический потенциал этого термина не нуждается в своем обосновании, так как тот факт, что с течением времени он вбирает в себя основные достижения гуманитарных наук, демонстрирует его жизнеспособность как достаточно простого инструмента проверки рождающихся теорий и методик реальной жизненной практикой.

Современная ситуация также породила новые процессы развития гуманитарного и естественнонаучного знания, которые не могут не повлиять на обучение в течение всей жизни. Речь пойдет о фундаментальных процессах в развитии наук нейробиологии, информатики и компьютерных наук. В научном обиходе эти процессы часто называют нейрорисследованиями и цифровизацией (цифровой трансформацией). Покажем, что эти на первый взгляд самостоятельно развивающиеся и протекающие процессы сходятся именно в новом осмыслении обучения в течение всей жизни.

LLL и нейронауки

Интеграция достижений нейробиологии в образование имеет волнообразный характер, о чем мы уже говорили в наших публикациях [1]. Каждая волна достижений нейробиологии входит в определенный резонанс с педагогической практикой и также порождает волну исследований и публикаций [4].

В достаточной степени популярной и распространенной в мире стала концепция Brain-Based Learning (BBL) [18, 19, 27, 32].

Развивающиеся методы и модели обучения на основе образовательной нейробиологии остаются очень популярными и востребованными во всем мире. В настоящей статье для нас важен тот факт, что модели и методы BBL с 2008 по 2018 год и настоящее время [17, 22, 23, 33] в своем развитии позволили сформулировать принципы обучения на основе мозга и вплотную подойти к разработке структуры методологии нового образования, интегрированного с нейронауками.

Эти принципы базируются на следующих постулатах [33]:

- ценностное отношение к собственным знаниям обучающегося в его памяти и соответствующим нейрокогнитивным функциям, а также к основным человеческим потребностям;
- нейропластичность как фундаментальное свойство мозга имеет основополагающее значение для обучения в течение всей жизни;
- продвижение в обучении тесно связано с эмоциями, мотивацией, стрессами и мультисенсорными стимулами;
- опора на мультисенсорное восприятие и бинаминальное время внимания/отдыха в педагогических методах и технологиях.

Следующий виток интеграции нейронаук (нейробиологии) в обучение в течение всей жизни может быть условно связан с публикацией в 2011 году отчета лондонского Королевского общества «Нейронаука: последствия для образования и обучения на протяжении всей жизни» [24]. На основе анализа фундаментальных явлений пластичности мозга, системы вознаграждения и саморегуляции выявляются основные интеграционные тенденции для LLL, которые направлены на преодоление пропасти между педагогами, психологами и нейробиологами. Признавая важность и значимость нейронаук для образования в течение всей жизни, ученые вместе с тем

отмечают значимость использования высококачественной научной информации и предостерегают от использования в спешке методов, основанных на мозге.

Дальнейшие процессы методологического оформления интеграции нейронаук в LLL можно увидеть в развитии нейродидактики [5, 6, 8, 20, 31] и ее прикладных аспектах в разработке учебников [9], обучении педагогов [5–7], а также в нейролингвистике и обучении языкам [3, 4, 10, 25]. Самостоятельной ветвью развития является также и нейрообразование [1, 13, 19], широко применяемое также и в психологическом консультировании [22, 23], активно формирующее и развивающее этику нейрообразования [21].

Использование достижений нейронаук в LLL связано с таким важным аспектом, как педагогическая интерпретация нейробиологических достижений и базы знаний.

Прогрессивные достижения нейронаук смогут методологически и технологически войти в практику и теорию LLL посредством развития интерпретационного подхода. Для чего он необходим?

Первое. Неврологические и нейробиологические исследования носят эмпирически-описательный характер и решают задачи и проблемы соответствующей отрасли науки. Они закономерно излагаются с использованием специфического понятийного аппарата, освоение и педагогическая интерпретация которого – базовая необходимость процесса междисциплинарного сближения.

Второе. Исследования нейропроцессов головного мозга (что касается и нейропсихологии, и некоторых разделов классической психологии) имеют характер изучения патологических явлений с целью понимания того, как работает здоровый мозг. Для применения в LLL – это своего рода задача от противного. Чтобы понять, как «работает» механизм высшей нервной деятельности, нужно исследовать то, что произойдет, если он не будет работать.

Третье. Необходимо технологически анализировать условия, методы, способы, при которых получены знания о работе естественных нейросетей головного мозга. В этом – ключ к формированию интерпретационной базы знаний нейродидактики. Понимание условий и способов проявления определенных свойств деятельности нейросетей мозга дает возможность критической проверки, перебор-

ки и переконструирования педагогических методов и условий.

LLL и цифровая трансформация

Следующим важнейшим процессом для постановки задачи нашего исследования является цифровизация или цифровая трансформация LLL. Можно смело сказать, что катализатором этого процесса явилась пандемия COVID, которая способствовала молниеносной с общечеловеческой мировой временной линии развития формированию и проникновению в умы новой цифровой парадигмы. Это также отмечается и в отчете лондонского Королевского общества, признавшего еще в 2011 году актуальность идей нейробиологии актуальными для развития и использования адаптивных цифровых технологий. Эти технологии могут создать больше возможностей для обучения в классе и за его пределами, а также на протяжении всей жизни. Это может оказать широкое влияние на благосостояние, исцеление, занятость и экономику [24].

В нашем исследовании мы ставим задачу не просто развития и расширения спектра применения достижения нейронаук и методологических принципов нейродидактики в LLL, а перспективного рассмотрения цифровой нейродидактики. Когда основное образовательное поле разновозрастной аудитории LLL переносится в цифровое пространство, возникает закономерный вопрос, а как в этом состоянии работают нейропроцессы головного мозга и в какой мере действуют принципы нейродидактики и нейрообразования, многие из которых, как мы отметили выше, оформились в процессе непосредственного нецифрового общения? Целый ряд исследователей уже рассматривает и использует нейродидактические принципы [26] в сочетании с компьютерными науками [15, 28, 29]. В рамках настоящей статьи мы сделаем попытку структурно описать подходы и принципы цифровой нейродидактики, которые также были проверены нами в процессе собственных нейроисследований [2].

Научная экспозиция и результаты исследования

Для того чтобы подчеркнуть важность формирования и исследования цифровой нейродидактики, обратимся к некоторым данным информационного фона, в котором протекают современные социальные процессы. Это даст нам отправную точку для формирования правильного видения того, с каким мозгом чело-

века мы в настоящее время имеем дело. Нейроисследования, в том числе с применением электроэнцефалографии, магнито-резонансной томографии, проводятся в подавляющем большинстве в лабораторных условиях при непосредственном живом контакте с человеческим мозгом. Когда речь идет о цифровой реальности, мы имеем дело с мозгом, погруженным в разнообразные цифровые среды. По данным мониторинга всемирной аудитории Интернет и проводимого в нем цифрового времени (рис. 1, 2) за последние 10 лет увеличилось с 2,18 млрд на начало 2012 года до 4,95 млрд в начале 2022 года. Динамика среднегодового роста в 2022 году составила 8,6 %, что является значимым в общемировом масштабе приростом.

Для того чтобы понять, с каким состоянием мозга в цифровой нейродидактике имеют дело педагоги, консультанты и коучеры LLL, важны еще и цифры, отражающие среднесуточное время пребывания в цифровой среде. Из данных рис. 2 видно, что «типичный» глобальный интернет-пользователь в современном мире проводит почти 7 часов в день, обращаясь к Интернету на различных устройствах помимо традиционных компьютеров. Российская аудитория погружена в онлайн

цифровую среду 7 часов 50 минут в сутки, что на час больше, чем среднемировое значение.

Таким образом, мы имеем дело не просто с головным мозгом человека, а с нейросетями, практически непрерывно погруженными в цифровую среду. В силу действия таких средовых условий сформулируем необходимые исходные положения методологии цифровой нейродидактики для обучения и самообучения в течение всей жизни.

- В цифровую среду погружается мозг человека. Сенсорные системы и анализаторы работают по аналогии и с участием процессов воображения.

- Цифровая среда, особенно на основе AR/VR-технологий, является альтернативной средой жизнедеятельности и развития мозга, в которой формируются естественные нейросети, которые и составляют базис LLL.

В разработке методологической структуры цифровой дидактики необходимо принять (или признать) ряд допущений, на основе которых далее можно будет строить реальные процессы.

Первое: несмотря на точность нейробиологических, аппаратно-эмпирических, нейровизуальных описаний процессов, происходя-

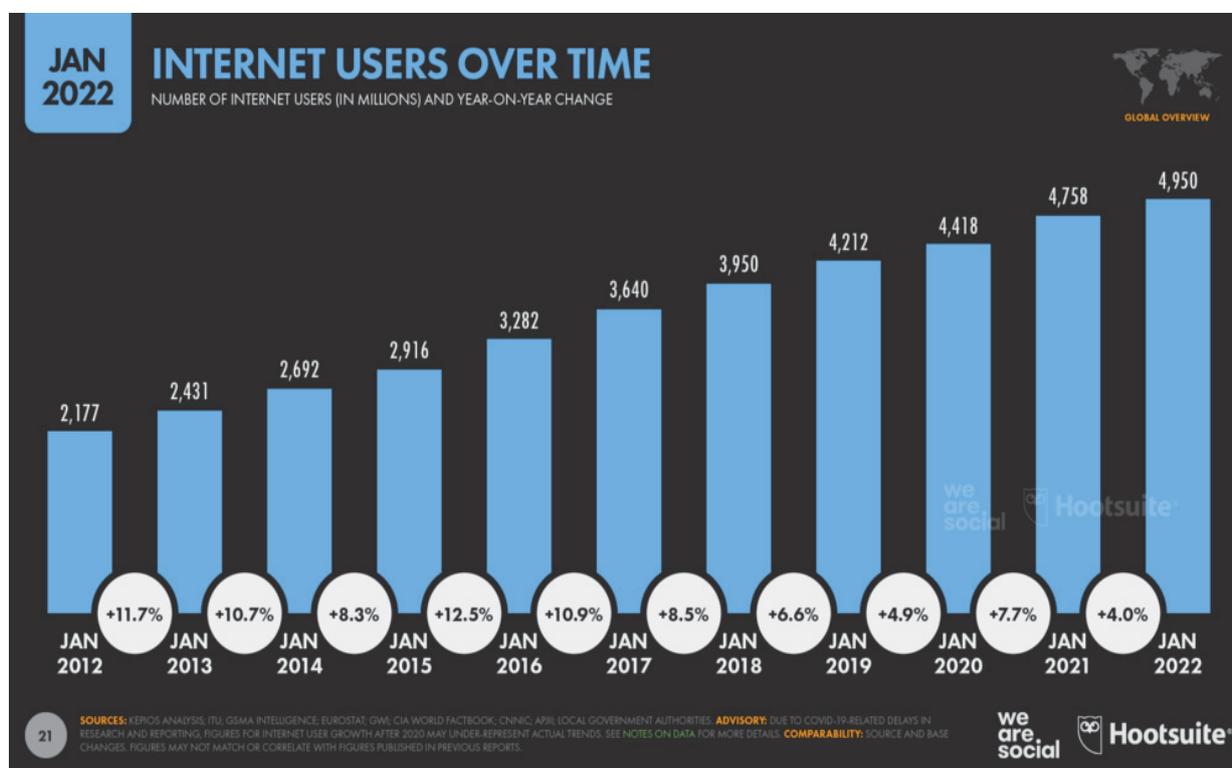


Рис. 1. Динамика роста мировой интернет-аудитории (по данным <https://www.web-canape.ru/business/statistika-interneta-i-socsetej-na-2022-god-cifry-i-trendy-v-mire-i-v-rossii/>)

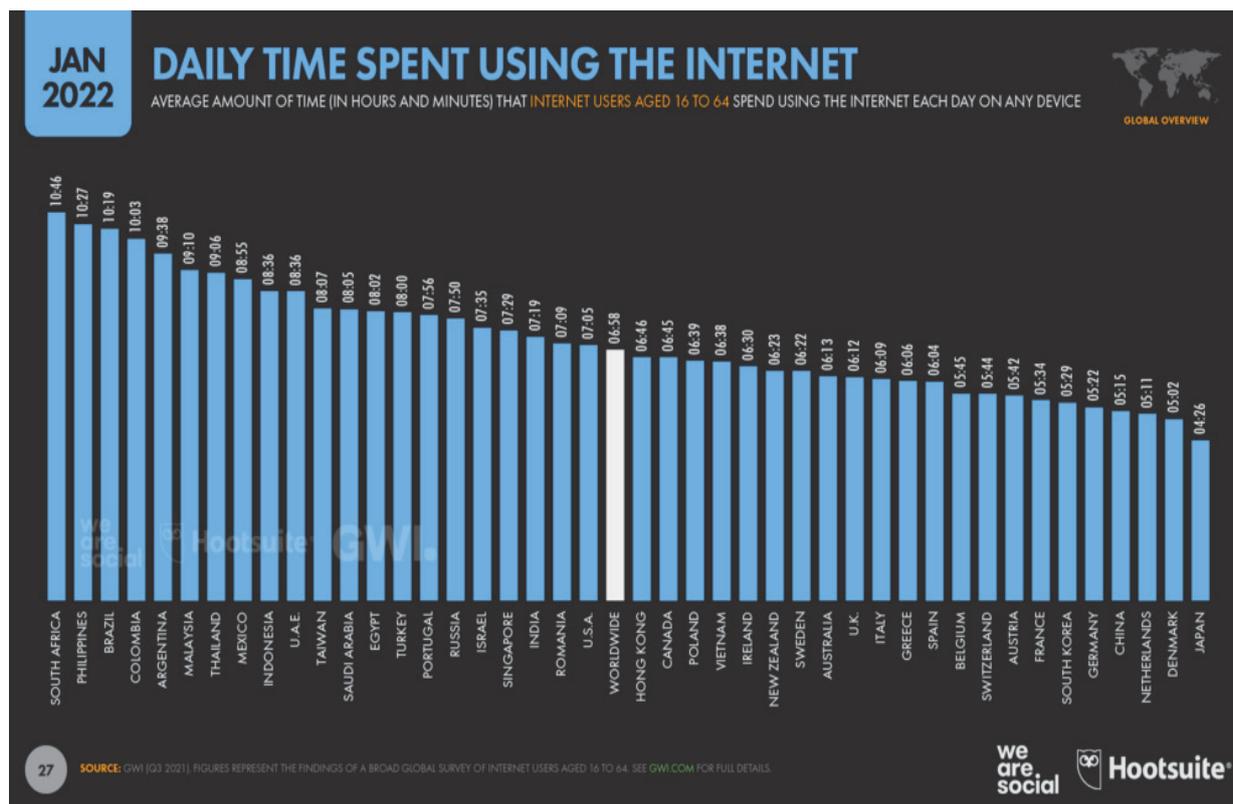


Рис. 2. Среднее время пребывания в Интернете в сутки по странам мира (по данным <https://www.web-canape.ru/business/statistika-interneta-i-socsetej-na-2022-god-cifry-i-trendy-v-mire-i-v-rossii/>)

щих в головном мозге (синаптических связей, нейронов, миелиновых волокон, нейромедиаторов и т. п.), в обучении при взаимодействии с работающим мозгом мы не можем реально и достоверно увидеть нейромеханизмы естественных нейросетей и тем более прямо на них повлиять. Все имеющиеся достижения нейронаук есть среда, база знаний для тех, кто будет делать попытки целенаправленно помочь человеку сформировать желаемый образ (нейропаттерн) мышления.

Второе: в практической цифровой нейродидактике мы можем идти двумя принципиальными путями:

1) изучать и развивать мозг с помощью другого мозга, эмпирически оценивая наиболее эффективный опыт мыслительных процессов, который допускает перенесение (научение) другого мозга в виде приемов, подходов, условий и моделей деятельности.

2) изучать и, соответственно, развивать мозг с помощью слабого (имеющегося на данный момент) искусственного квази-интеллекта, приближенно моделирующего процессы работы естественных нейросетей.

Третье: вслед за отечественной нейропсихологической научной школой (Л.С. Выгот-

ский, А.Р. Лурия и др.) примем, что высшие психические функции имеют системную динамическую локализацию и поддерживаются нейрофизиологическими процессами нейропластичности в любом возрасте человека. Это говорит о том, что попытки любого закрепления, абсолютизации латеральности, «привязки» функций к областям мозга могут иметь смысл только в локальных условиях и задачах. В целом же для различных условий и видов деятельности мозг индивидуально формирует системные мозговые образования [11], обеспечивающие различные компоненты (аспекты, параметры, звенья) психических функций. В наших работах мы часто используем термин нейропаттерн как ансамбль, сложно организованный набор частотных и амплитудных характеристик естественной нейросети головного мозга, решающей конкретную задачу. Отметим, что это рабочий термин, который не является единственным и определяющим.

Современную нейробиологическую основу данного положения составляет новая морфофункциональная концепция «активной среды» головного мозга, предложенная российскими нейробиологами [30], которая ос-

новывается на динамическом взаиморасположении и взаимодействии компартментов нейронов, астроцитов, олигодендроцитов, микроглии, сосудов, внеклеточного пространства и внеклеточного матрикса. Непрерывное расширение и углубление знаний нейронаук расширяет «узкие» нейронно-синаптические представления.

В наших эмпирических исследованиях мы использовали сочетание аппаратного ЭЭГ-исследования с эталонным подходом к анализу работы головного мозга [12]. Иначе говоря, принимали допущение, что для определенного вида деятельности естественная нейросеть одного человека может быть проанализирована и использована для анализа данных нейросети другого человека при условии выполнения одних и тех же действий.

Необходимость развития цифровой нейропедагогической ставит задачу методологического конструирования исследований нейробиологии, аппаратных исследований, цифровых сред и образовательных продуктов, а также опоры на уже имеющиеся достижения нейропедагогической, особенно связанные с компьютерными науками. Использование методологического конструирования [13] позволило нам выявить три перспективных методологических подхода цифровой нейропедагогической.

1. *Средовой подход.* Цифровая среда нуждается в специальном целенаправленном педагогическом проектировании для того, чтобы стать средой человеческого бытия, развития и обучения в течение всей жизни.

2. *Инструментальный подход.* Инструменты цифровой реальности, искусственный квази-интеллект в цифровой нейропедагогической могут и должны служить поддержкой развития и поддержания высших психических функций, проявляющихся в формировании естественных нейросетей, предполагающих возможность изучения и описания в исследованиях как прикладных нейропаттернов мозга человека, а также других научных методов.

3. *Цифровой инженерно-педагогический подход.* Выбор существующих и разработка новых программных сред, средств, приложений и т. п. представляет собой оцифровку (цифровую трансформацию) существующей базы знаний педагогического методического опыта форм, методов, технологий, уже доказавших свою эффективность в естественных обучающих средах и процессах.

Каждый из подходов обладает не просто

теоретическим, а, скорее, функциональным потенциалом, так как позволяет без труда притягивать и интегрировать уже имеющиеся группы принципов и технологий, доказавших свою эффективность в цифровых средах.

Группы принципов средового подхода

Примером принципов данного подхода могут быть 12 принципов нейропедагогической (обучения на основе мозга) [14, 15], модернизированные в приложении к цифровой среде. Цифровая среда моделирует процессы реальной жизнедеятельности и является обучающе-развивающей, если для погруженных в нее людей выполняются принципы:

- 1) они вовлечены в переживания,
- 2) их потребности в социальном взаимодействии и отношениях задействованы и удовлетворены,
- 3) их интересы, цели и идеи учитываются и уважаются,
- 4) они могут использовать свою врожденную способность к построению нейропаттернов,
- 5) их обучение сопровождается положительными эмоциями,
- 6) детали встроены в целое, которое они понимают, например, событие из реальной жизни,
- 7) их внимание углубляется, и для поддержки обучения используются несколько слоев контекста,
- 8) у них есть время подумать,
- 9) погружены в опыт, который задействует несколько способов запоминания,
- 10) учитываются индивидуальные различия в созревании, развитии и предшествующем обучении,
- 11) окружающая среда поддерживает, вдохновляет и бросает вызов,
- 12) задействованы их индивидуальные таланты и способности.

Все эти принципы могут быть в полном объеме реализованы именно в цифровых средах, где каждый может идти по своей траектории, в своем темпе, выбирая различные каналы восприятия и мультистимулы мозга. С другой стороны, данные принципы служат и технологическим вызовом к качеству формируемой и используемой в LLL цифровой среды.

Группы принципов

инструментального подхода

Принципы цифровой нейропедагогической инструментального подхода опираются и расширяют исследования Барбары Сабитцер, ко-

торая в приложении к компьютерным наукам показала значимость персональных мозговых нейропаттернов как инструментов познания LLL, формируемых самим человеком.

1. Знаниям нельзя научить; они должны быть созданы заново в мозгу каждого ученика [28].

Это может контрастировать с традиционным взглядом на непрерывное образование (Учитель должен чему-то научить! – это обучение, ориентированное на учителя), это хорошо обосновано в нейробиологии и когнитивной психологии. По словам Марии Монтессори: «Помоги мне сделать это в одиночку!», нейродидактика также предлагает активную роль ученика (обучение, ориентированное на учащегося). Это приводит к другому способу воспитания: саморегулируемому или самоорганизующемуся обучению, которое удовлетворяет почти всем требованиям педагогики, которая опирается на исследования мозга [21].

Неврологической основой приведенного выше утверждения является функция паттернинга.

2. Мозг сам распознает и генерирует паттерны и правила.

Обучающимся нужны не правила, а много примеров, которые помогают им распознавать структуры их будущего знания, которые сформируются в персональную базу знаний. Эта функция мозга является основой для исследовательского или поискового самообучения, поскольку наша внутренняя оценочная «программа», лимбическая система, проверяет всю новую информацию, и мы запоминаем только то, что хорошо и важно для нас.

3. Обучение особенно эффективно, когда оно имеет смысл.

Мы более мотивированы и легче учимся, когда знаем, почему мы это делаем, когда у нас есть причина. Но мы не можем учиться эффективно, если нет базы, где мы могли бы соединить новую информацию. Как реальные педагоги, так и цифровые помощники необходимы для проверки текущих знаний и компетенций обучающихся и определения исходных точек и маршрута движения.

4. Вся новая информация связана с существующими знаниями.

Но связывание само по себе не гарантирует хранение информации в долговременной памяти. Чем чаще мы используем одну и ту же ассоциацию, тем лучше мы можем перевести в коннекты долговременной памяти

изученные проблемы. Таким образом, исследование мозга в очередной раз показывает, что практика – путь к совершенству!

5. Цифровая практика не может и не должна подменять реальную. Как показывают наши исследования, нейропаттерны, формируемые при обучении и работе в цифровой среде, не всегда и не в полном объеме дублируют нейропаттерны в реальной жизни и работе. Более того, для нейропаттернов, сформированных в цифровых средах, нужна дополнительная особая практика переноса и сохранения эффективности и целостности в реальных условиях.

Группы принципов цифрового инженерно-педагогического подхода

Цифровая среда обладает большой методической пластичностью и при соблюдении научно обоснованных и проверенных правил и принципов цифровой дидактики может представить огромный набор инструментов, способных адресно обучать не просто каждого по его запросам, но и формировать и тренировать нужные естественные нейросети головного мозга.

1. *Принципы педагогического колеса* (по Аллану Каррингтону [16]). Идея и принципы построения педагогического колеса демонстрируют функциональную гибкость инструментального цифрового подхода. Колесо интегрирует мобильные приложения с педагогическими целями, задачами и шире с педагогическими процессами.

2. *Принципы организации цифровых коммуникаций* (социальных сетей, групп, вебинаров, конференций и т. п.).

3. *Принципы работы с поисковыми системами и квази-искусственным интеллектом.*

- Осознанное поручение искусственному интеллекту рутинных операций с осознанием их возможностей и алгоритмов работы.

- Обогащение цифровой обучающей среды поисковыми альтернативами.

- Биг-дата и визуализация данных.

Заключение

Завершить настоящую статью хотелось бы не просто выводами проводимых нами исследований и, как очевидно, промежуточных результатов процесса, который мы условно называем цифровым нейродидактическим моделированием. В настоящее время активного и углубленного погружения процессов LLL в цифровую среду необходимо признать, что цифровые процессы в значительной степени

опережают в функциональных возможностях воздействия на мозг человека и прямого взаимодействия с ним. В этом отношении даже прогрессивные нейродидактические и нейрообразовательные методы только на пути формирования и осмысления. Сегодня нарастает необходимость глобального научного взаимо-

действия для того, чтобы цифровые возможности работали на развитие и совершенствование мозга, поскольку как никогда актуален девиз, сформулированный лондонским Королевским обществом в отношении не задействованных и не использующихся естественных нейросетей мозга: «используй или потеряй» [24].

Список литературы

1. Вербицкая, Н.О. Цифровая трансформация непрерывного образования: новый виток развития нейропедагогике / Н.О. Вербицкая // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование. Педагогические науки». – 2019. – Т. 11. – № 3. – С. 6–20. DOI: 10.14529/ped190301
2. Вербицкая, Н.О. Формирование нейрометодики профессионального обучения в условиях человеко-машинного взаимодействия/ Н.О. Вербицкая, Р.С. Чекотин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование. Педагогические науки». – 2017. – Т. 9. – № 2. – С. 62–73. DOI: 10.14529/ped170206
3. Девлетов, Р.Р. Нейродидактика и преподавание языковых дисциплин в педагогическом вузе / Р.Р. Девлетов // Межкультурные коммуникации. – 2017. – С. 59–60.
4. Каминская, А.В. Применение методов нейродидактики на уроках английского языка / А.В. Каминская // Язык и языковое образование в современном мире. – 2016. – С. 187–190.
5. Карпенко, М.П. Нейродидактика: моногр. / М.П. Карпенко, Д.Г. Давыдов, Е.В. Чмыхова и др.; под ред. М.П. Карпенко. – М.: Изд-во СГУ, 2019. – 282 с.
6. Костромина, С.Н. Введение в нейродидактику / С.Н. Костромина. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2019. – 182 с.
7. Куликова, О.В. Нейродидактический подход как фактор повышения качества обучения иноязычному профессиональному общению / О.В. Куликова // Вестник Москов. гос. лингвист. ун-та. Образование и пед. науки. – 2014. – № 14 (700). – С. 107–114. DOI: 10.52070/2500-3488_2022_1_842_107
8. Мальсагов, А.А. Нейродидактика в России: развитие и перспективы / А.А. Мальсагова, В.В. Лезина // Мир науки, культуры, образования. – 2021. – № 4 (89). – С. 149–150.
9. Наумович, Л.В. Использование принципов нейродидактики в современных учебниках / Л.В. Наумович // Актуальные проблемы гуманитарного образования. – Минск: Изд-во БГУ, 2015. – С. 153–155.
10. Соловьева, О.В. Психолого-педагогический анализ использования нейродидактики в обучении взрослых / О.В. Соловьева // Гуманизация образования. – 2018. – №. 4. – С. 102–108.
11. Хомская, Е.Д. Нейропсихология: учеб. для вузов / Е.Д. Хомская. – 4-е изд. (+ CD). – СПб.: Питер, 2012.
12. Чекотин, Р.С. Оценка действий оператора в полуавтоматических и многозадачных системах в лесозаготовках на основе использования IoT-технологий / Р.С. Чекотин, Н.О. Вербицкая // Системы. Методы. Технологии. – 2016. – № 4. – С. 188–196.
13. Щедровицкий, П.Г. Системо-мыследеятельностная методология и психология / П.Г. Щедровицкий // Центр гуманитарных технологий. – <https://gtmarket.ru/library/articles/2567> (дата обращения: 26.07.2022).
14. Bueno i Torrens, D. 5 principios de la neuroeducación que la familia debería saber y poner en práctica / D. Bueno i Torrens, A. Forés i Miravalles // Revista Iberoamericana de Educación. – 2018. – Vol. 78. – No. 1. – P. 13–25. DOI: 10.35362/rie7813255
15. Caine, R.N. 12 Brain/mind learning principles in action: teach for the development of higher-order thinking and executive function / R.N. Caine. – Corwin Press, 2015. – 320 p.
16. Carrington, A. The pedagogy wheel – it's not about the apps, it's about the pedagogy / A. Carrington // Recuperado el. – 2015. – Vol. 9. – No. 8. – P. 2021–2029.
17. Gago Galvagno, L.G. Building bridges between neuroscience and education. Neurosciences' contributions, limitations and future directions in the education field/ L.G. Gago Galvagno, Elgier Á.M. // Psicogent. – 2018. – Vol. 21. – No. 40. – P. 476–494.
18. Godman, T.H. Principals' perceptions of brain-based learning / T.H. Godman // Theses and Dissertations. – 2019. – 315 p.

19. Liu, C.J. *Theory, Method and practice of neuroscientific findings in science* / Liu C.J., Chiang W.W. // *Education. International Journal of Science and Mathematics Education*. – 2014. – Vol. 12. – No. 3. – P. 629–646. DOI: 10.1007/s10763-013-9482-0
20. Malsagova, M.K. *Directions and trends in the development of neurodidactics* / M.K. Malsagova // *American Scientific Journal*. – 2020. – Vol. 43-2. – P. 9–11.
21. Maxwell, B. *The Ethics of Neuroeducation: Research, Practice and Policy* / Maxwell B., Racine E. // *Neuroethics*. – 2012. – Vol. 5. – No. 2. – P. 101–103. DOI: 10.1007/s12152-012-9156-6
22. Miller, R. *Neuroeducation: integrating brain-based psychoeducation into clinical practice* / R. Miller // *Journal of Mental Health Counseling*. – 2016. – Vol. 38. – No. 2. – P. 103–115. DOI: 10.17744/mehc.38.2.02
23. Miller, R. *The neuroeducation toolbox: practical translations of neuroscience in counseling and psychotherapy* / R. Miller, E.T. Beeson // *Faculty & Staff Authored Books*, 2021. – 536 p.
24. *Neuroscience: implications for education and lifelong learning* // *The Royal Society*. – 2011. – 36 p.
25. Netten, J. *A New Paradigm for the learning of a second or foreign language: the neurolinguistic approach* / J. Netten, C. Germain // *Neuroeducation*. – 2012. – Vol. 1. – No. 1. – P. 85–114. DOI: 10.24046/neuroed.20120101.85
26. Nouri, A. *The basic principles of research in neuroeducation studies* / A. Nouri // *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*. – 2016. – Vol. 4. – No. 1. – P. 59–66. DOI: 10.5937/ijcrsee1601059n
27. Pennington, E.P. *Brain-based learning theory: The incorporation of movement to increase learning*. Unpublished: diss. ... doct. ped. of sciences / E.P. Pennington. – 2010. – 143 p.
28. Sabitzer, B. *Neurodidactics: Brain-based ideas for ICT and computer science education* / B. Sabitzer // *International Journal of Learning*. – 2011. – Vol. 18. – No. 2. – P. 5881–5889.
29. Sánchez, C.J.P. *Learning Analytics to Predict Students' Performance: a case study of a neurodidactics-based collaborative learning platform* / C.J.P. Sánchez, F. Calle-Alonso, M.A. Vega-Rodríguez // *Education and Information Technologies*. – 2022. – No.1. – P. 1–26. DOI: 10.1007/s10639-022-11128-y
30. Semyanov, A. *Astrocytic Processes: from Tripartite Synapses to the Active Milieu*. *Trends in Neurosciences* / A. Semyanov, A. Verkhatsky // *Trends in Neurosciences*. – 2021. – Vol. 10. – No. 44. – P. 781–792. DOI: 10.1016/j.tins.2021.07.006
31. Thul, M. *Transdisciplinary learning: investigating the effects of an adult learning class with a neuroeducation perspective on adult learners' identity, perceptions of learning, and implementation strategies*. Unpublished: diss. ... doct. ped. of sciences / M. Thul. – 2019. – 256 p.
32. Tokuhamas-Espinosa, T.N. *The scientifically substantiated art of teaching: A study in the development of standards in the new academic field of neuroeducation (mind, brain, and education science)*. *Capella University*. Unpublished: diss. ... doct. ped. of sciences / T.N. Tokuhamas-Espinosa. – 2008. – 626 p.
33. Veiga-Branco, A. *For a Reflection in Neuroeducation – Brain-Based Learning Method Principles and its Application in Higher Education Level* / A. Veiga-Branco, M.I. Ribeiro // *Teacher Education Policy in Europe: Book of Abstract*. – 2018. – P. 60–61.

References

1. Verbitskaya N.O. [Digital Transformation of Lifelong Education: a new stage in the Development of Neuropedagogy]. *Bulletin of South Ural State University. Ser. Education. Educational Sciences*, 2019, vol. 11, no. 3, pp. 6–20. DOI: 10.14529/ped190301
2. Verbickaya N.O. [Formation of the Neuromethodology of Vocational Training in Conditions of Human-Eco-Machine Interaction]. *Bulletin of South Ural State University. Ser. Education. Educational Sciences*, 2017, vol. 9, no. 2, pp. 62–73. DOI: 10.14529/ped170206
3. Devletov R.R. [Neurodidactics and Teaching of Language Disciplines in a Pedagogical University]. *Mezhkul'turnye kommunikatsii* [Intercultural communications], 2017, vol. 1, pp. 59–60.
4. Kaminskaya A.V. [Application of Neurodidactic Methods in English Lessons]. *Yazyk i yazykove obrazovanie v sovremennom mire* [Language and Language Education in the Modern World], 2016, no. 3, pp. 187–190.

5. Karpenko M.P. *Neyrodidaktika: monografiya* [Neurodidactics: monograph]. Moscow, Saratov State University Press Publ., 2019. 282 p.
6. Kostromina S.N. *Vvedenie v neyrodidaktiku* [Introduction to Neurodidactics]. Saint Petersburg, Publishing house of St. Petersburg State University Publ., 2019. 182 p.
7. Kulikova O.V. [Neurodidactic Approach as a Factor in Improving the Quality of Teaching Foreign Language Professional Communication]. *Bulletin of the Moscow State Linguistic University. Education and Pedagogical Sciences*, 2014, no. 14 (700), pp. 107–114. DOI: 10.52070/2500-3488_2022_1_842_107
8. Mal'sagov A.A. [Neurodidactics in Russia: development and]. *The World of Science, Culture and Education*, 2021, no. 4 (89), pp. 149–150.
9. Naumovich L.V. [Using the Principles of Neurodidactics in Modern Textbooks]. *Aktual'nye problemy gumanitarnogo obrazovaniya* [Actual Problems of Liberal Education]. Belarusian State University Press Publ., 2015, pp. 153–155.
10. Solov'eva O.V. [Using the Principles of Neurodidactics in Modern Textbooks]. *Gumanizatsiya obrazovaniya* [Humanization of Education], 2018, no. 4, pp. 102–108.
11. Homskaya E.D. *Neyropsihologiya: uchebnik dlya vuzov* [Neuropsychology: Textbook for Universities]. Izdatel'skiy dom Piter Publ., 2012. 496 p.
12. Chekotin R.S., Verbitskaya N.O. [Evaluation of Operator Actions in Semi-Automatic and Multitasking Systems in Logging Based on the Use of IoT Technologies]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technology], 2016, no. 4, pp. 188–196.
13. Shchedrovickiy P.G. *Sistemo-mysledeyatel'nostnaya metodologiya i psikhologiya* [System-Thought-Activity Methodology and Psychology]. *Tsentr gumanitarnykh tekhnologiy* [Center for Humanitarian Technologies]. Available at: <https://gtmarket.ru/library/articles/2567> (accessed 26.07.2022).
14. Bueno i Torrens D., Forés i Miravalles A. 5 Principios de la Neuroeducación que la Familia Debería Saber y Poner en Práctica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 2018, vol. 78, no. 1, p. 13–25. DOI: 10.35362/rie7813255
15. Caine R.N. et al. *12 Brain/Mind Learning Principles in Action: Teach for the Development of Higher-Order Thinking and Executive Function*. Corwin Press Publ., 2015. 320 p.
16. Carrington A. The PedagogyWheel – It's Not about the Apps, it's about the Pedagogy. *Recuperado el.*, 2015, vol. 9, no. 08, p. 2021–2029.
17. Gago Galvagno L.G., Elgier Á.M. Building Bridges Between Neuroscience and Education. Neurosciences' Contributions, Limitations and Future Directions in the Education Field. *Psicogent*, 2018, vol. 21, no. 40, p. 476–494.
18. Godman T.H. Principals' Perceptions of Brain-Based Learning. *Theses and Dissertations*, 2019. 315 p.
19. Liu C.J., Chiang W.W. Theory, Method and Practice of Neuroscientific Findings in Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2014, vol. 12, no. 3, p. 629–646. DOI: 10.1007/s10763-013-9482-0
20. Malsagova M.K. Directions and Trends in the Development of Neurodidactics. *American Scientific Journal*, 2020, vol. 43-2, pp. 9–11.
21. Maxwell B., Racine E. The Ethics of Neuroeducation: Research, Practice and Policy. *Neuroethics*, 2012, vol. 5, no. 2, p. 101–103. DOI: 10.1007/s12152-012-9156-6
22. Miller R. Neuroeducation: Integrating Brain-Based Psychoeducation into Clinical Practice. *Journal of Mental Health Counseling*, 2016, vol. 38, no. 2, p. 103–115. DOI: 10.17744/mehc.38.2.02
23. Miller R., Beeson E.T. The Neuroeducation Toolbox: Practical Translations of Neuroscience in Counseling and Psychotherapy. *Faculty & Staff Authored Books*, 2021. 536 p.
24. Neuroscience: Implications for Education and Lifelong Learning. *The Royal Society*, 2011. 36 p.
25. Netten J., Germain C. A New Paradigm for the Learning of a Second or Foreign Language: the Neurolinguistic Approach. *Neuroeducation*, 2012, vol. 1, no. 1, p. 85–114. DOI: 10.24046/neuroed.20120101.85
26. Nouri A. The Basic Principles of Research in Neuroeducation Studies. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, 2016, vol. 4, no. 1, p. 59–66. DOI: 10.5937/ijcrsee1601059n

27. Pennington E.P. *Brain-based Learning Theory: The Incorporation of Movement to Increase Learning*. Diss. Doct. (Pedagogy), 2010. 290 p.
28. Sabitzer B. Neurodidactics: Brain-based Ideas for ICT and Computer Science Education. *International Journal of Learning*, 2011, vol. 18, no. 2, pp. 5881–5889.
29. Sánchez C.J.P., Calle-Alonso F., Vega-Rodríguez M.A. Learning Analytics to Predict Students' Performance: a Case Study of a Neurodidactics-Based Collaborative Learning Platform. *Education and Information Technologies*, 2022, vol. 1, pp. 1–26. DOI: 10.1007/s10639-022-11128-y
30. Semyanov A., Verkhatsky A. Astrocytic Processes: from Tripartite Synapses to the Active Milieu. *Trends in Neurosciences*, 2021, vol. 10, no. 44, pp. 781–792. DOI: 10.1016/j.tins.2021.07.006
31. Thul M. *Transdisciplinary Learning: Investigating the Effects of an Adult Learning Class with a Neuroeducation Perspective on Adult Learners' Identity, Perceptions of Learning, and Implementation Strategies*. Diss. Doct. (Pedagogy), 2019. 256 p.
32. Tokuhami-Espinosa T.N. *The Scientifically Substantiated Art of Teaching: A Study in the Development of Standards in the New Academic Field of Neuroeducation (Mind, Brain, and Education Science)*. Capella University. Diss. Doct. (Pedagogy), 2008. 626 p.
33. Veiga-Branco A., Ribeiro M. I. For a Reflection in Neuroeducation–Brain-Based Learning Method Principles and its Application In Higher Education Level. *Teacher Education Policy in Europe: Book of Abstract*, 2018, pp. 60–61.

Информация об авторе

Вербицкая Наталья Олеговна, доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры экономики труда и управления персоналом, Уральский государственный экономический университет.

Information about the author

Natal'ya O. Verbitskaya, Doctor of Pedagogy, Professor, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia.

Статья поступила в редакцию 28.07.2022

The article was submitted 28.07.2022