

УДК 37.02

## НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ: интеграция, модификация, адаптация, или Что такое адаптивно-реверсивное обучение



**Александр Николаевич Дахин,**  
*профессор Новосибирского государственного  
педагогического университета,  
доктор педагогических наук*

В классической педагогике разработан принцип природосообразности<sup>1</sup>, который помогает преподавателю проектировать учебную деятельность, ориентируя учащегося на максимальную вовлечённость в этот педагогический процесс<sup>2</sup>. Принципы природосообразности формулировались задолго до того, как появились научные дисциплины, изучающие работу мозга, а сконструированные на этих принципах технологии достаточно прочно утвердились в практике обучения благодаря убедительным результатам. За последние 15 лет нейрофизиология наглядно продемонстрировала результативность при объяснении таких феноменов, как сознание и мышление человека.

- когнитон • нейронные сети • мозг • адаптивно-реверсивное обучение
- принцип доминанты • взаимосвязь интеллектуальных объектов
- обратная афферентация • оперантное обусловливание

<sup>1</sup> Дистервег Ф.А. О природосообразности и культуросообразности обучения // Народное образование. — 1998. — № 7. — С 10–31.

<sup>2</sup> Коменский Я.А. Избранные педагогические сочинения. В 2-х томах. Т. 1. — М: Педагогика, 1982. — 656 с.

Исследуя процессы образования полноценного восприятия мира, К.В. Анохин ввёл понятие когнитона, описывающего сетевую и гиперсетевую структуру организации нервных тканей<sup>3</sup>. Авторская модель связывает химические процессы организма человека с психологическими феноменами в контексте субъектных переживаний индивида. В основе такой модели находится когнитон, включающий в себя материальный носитель информации, т.е. собственно головной мозг, и сеть как организацию нейронов. Получается, что человек — это его когнитон. Здесь уместно перефразировать самого Рене Декарта, утверждавшего, что я мыслю, следовательно, я существую. В XXI веке эта метафора может быть сформулирована так: «Я существую, потому что у меня есть когнитоны».

Наблюдаемая в ФМРТ (функциональная магнитно-резонансная томография) работа мозга позволила определить физиологические основы когнитивных процессов и выделить так называемую дефолт систему, определяющую характер мыслительной деятельности. В силу этих и некоторых других открытых процессов и явлений видится вполне обоснованным включение теоретических представлений из области нейрофизиологии в педагогическое проектирование, тем более что эти концепции не противоречат, а только расширяют и углубляют педагогическую практику, давая новые интерпретации и открывая дополнительные возможности для совершенствования преподавательской деятельности.

### Принципы работы нейронных сетей мозга

Рассмотрим принципы работы нейронных сетей мозга, на основании которых строится адаптивно-реверсионное обучение (АРО),

<sup>3</sup> Анохин К.В., Ивашкина О.И. и др. Когнитивная индексация нейронов: Сте-управляемое генетическое маркирование и изучение клеток, участвующих в обучении и памяти // Acta Naturae. — 2018. — Т. 10, № 2. — С. 40–51.

предложенное для обсуждения и уже получившее частичную апробацию в научно-педагогической литературе<sup>4</sup>.

**Первый принцип** открыт и обоснован А.А. Ухтомским ещё в начале прошлого века и определяется как принцип доминанты<sup>5</sup>. Суть доминанты заключается в том, что мозг направляет деятельность организма в зависимости от того, какая нейронная сеть является наиболее нагруженной в данный момент. Загруженность нейронной сети зависит от количества нейронных связей, образуемых вокруг очага возбуждения. Демонстрация этого принципа довольно очевидна при переключении внимания с одного объекта на другой и наблюдается повсеместно. Понимая этот механизм, можно искусственно поддерживать внимание и, соответственно, мотивацию на заданном интеллектуальном объекте, которым может выступать как отдельный объект, так и учебный предмет и целая область знаний. Процесс образования нейронных связей происходит постоянно, и если целенаправленно фокусировать внимание на заданном объекте, то последний со временем образует ядро нейросети, которая при активации будет выполнять роль доминанты и обеспечивать достаточный уровень мотивации.

Как же организовать этот процесс концентрации внимания? В человеческой культуре традиционно присутствует такой формат накопления знаний, как история или миф. Этот формат образует гибкую смысловую структуру, которую можно выразить такой последовательностью: экспозиция (завязка) — развитие — кульминация — развязка. Такая последовательность наиболее естественна для фиксирования знаний и подтверждена педагогической практикой нарративных традиций. В настоящее время

<sup>4</sup> Дахин А.Н. Когнитивная гармония математики // Народное образование. — 2017. — №6–7 (1463). — С. 81–88.

<sup>5</sup> Ухтомский А.А. Доминанта. Статьи разных лет. 1887–1939. — СПб.: Питер, 2002. — 448 с.

эта структура также используется для написания художественных текстов, вызывая повышенный интерес читателя к различным историям в противовес сухому изложению научных теорий и концепций. Поэтому для мотивации учащегося в качестве перманентного формирования дополнительных нейронных связей вокруг значимого центра образовательного предмета предлагается организовать обратную связь на базе следующего набора вопросов, направляющих, укрепляющих и развивающих мотивационную сферу школьника. По сути, ответы на эти вопросы будут содержать «промежуточные переменные», из которых в дальнейшем учитель спроектирует педагогически адаптированные цели, средства, значения и мотивы познания. Здесь прослеживается полная аналогия с когнитивным необихевиоризмом Э.Ч. Толмена.

1. Каковы изначальные условия задачи и нет ли противоречия в исходных данных?
2. На какой результат можно рассчитывать учащемуся?
3. Какими методами школьнику следует пользоваться?
4. Кто или что поможет ученику в решении задачи?
5. Какие внешние ресурсы потребуются для разрешения противоречий?
6. Какова плата за эти ресурсы и что учащемуся следует предпринимать для получения доступа к этим ресурсам?
7. Каково вознаграждение за решённую задачу?
8. Каково общественное значение этой познавательной задачи?
9. Что школьник может обнаружить в себе, решив такую задачу?
10. Как изменится ученик, разрешивший эту проблему?
11. Какова ценность освоенных способов решения лично для учащегося?
12. Что можно рассказать своим близким, друзьям об освоенных методах решения задачи?

Каждая тройка вопросов соответствует элементам структуры истории решения конкретной задачи. Читатель может самостоятельно выбрать для себя любую задачу или предмет исследования и постараться ответить на поставленные вопросы. Сама по себе такая постановка вопросов провоцирует мозг на активацию мыслительной деятельности — мозг «не лю-

бит» неопределённостей и стремится к разрешению напряжения и заполнению смысловой пустоты. В результате таких упражнений рождается уникальная дидактическая история, которая отражает и открывает доступ к пониманию особенностей учащегося; при регулярном повторении позволяет актуализировать задачу обучения, провоцируя образование новых нейронных связей, поддерживая высокий мотивационный уровень, что согласуется с принципом доминанты А.А. Ухтомского.

Однако для поддержания уровня мотивации одного только принципа доминанты недостаточно. Учащийся должен быть включён в дидактическую историю с актуальным для него контекстом, имеющим личностно-значимое наполнение. Поэтому в процесс адаптивно-реверсивного обучения вводятся «персонажи» как промежуточные переменные (в терминологии Э.Ч. Толмена). Такое название соответствует нейрофизиологическим принципам, определяющим работу дефолт системы головного мозга.

**Второй принцип** отражает работу дефолт системы мозга: интеллектуальные объекты должны быть выражены через взаимосвязи друг с другом. Только такая система обеспечивает прочное усвоение учебного материала. Выпадение термина, понятия или принципа из этой сети влечёт пробелы в структуре компетентности, характеризующей результат обучения. Поэтому необходима педагогическая адаптация материала к имеющимся у субъекта образования связям. В нейрофизиологическом контексте термин «интеллектуальный объект» означает нейронную сеть, в которой каждый элемент соответствует определённым характеристикам объекта. Если читатель вызовет в своём воображении любой предмет, например, стол, то мозг при этом начнёт конструировать образ из столешницы, ножек, цвета, высоты, длины и ширины. Так рождается новый интеллектуальный объект. Он именно

рождается из уже имеющихся элементов, хранящихся в памяти. Если уже знакомый нам «стол» вступает во взаимодействие с другими интеллектуальными объектами, то есть образует связи (например, на столе появляется ваза с цветами, на которую падают лучи рассветного солнца), то его значимость для мозга возрастает. В этом и есть проявление принципа доминанты. Если эти связи не устанавливаются, то объект «саморазрушается», а точнее, теряется на фоне других интеллектуальных объектов, которые вступают во взаимодействие. Этот принцип во многом объясняет феномен памяти: есть моментальная память, объекты которой «исчезают» через 2–4 минуты; а есть долговременная память, в которой объекты прочно связаны друг с другом на протяжении всей жизни индивида. Попробуйте запомнить 20 произвольных существительных, которые соответствуют предметам, выделив на запоминание 2 минуты. А теперь попробуйте их воспроизвести. Без специальных мнемотехник при нормальной памяти вы вспомните 7–11 предметов. Но если в процессе запоминания вы будете связывать один предмет с другим, выстраивая их в невероятную фантастическую цепь оригинальных ассоциаций, то число воспроизведённых по памяти предметов вырастет в полтора раза.

Возможно, читатель уже догадался, как можно использовать этот принцип в обучении. Посмотрите на математические формулы: каждый знак может быть привязан к ассоциативным объектам внутреннего мира. Не ограничивайте себя в фантазиях: пусть скобки в алгебраических выражениях станут лепестками тюльпана или щитами воинов-спартанцев; квадратный корень нарисует в воображении вышку для прыжков или остриё копья; интеграл начнёт извиваться змеей, а дробная черта обозначит линию фронта сражающихся армий. Мозг каждого человека содержит огромное множество интеллектуальных объектов, которые играют существенную, а иногда доминирующую роль во внутреннем мире индивида. Поэтому, связав новое понятие с уже имеющимся обра-

зом-ролью, мы сформируем так называемый персонаж. Эти персонажи уже не абстрактные слова и знаки, а вполне «живые» существа, обитающие во внутреннем мире школьника. И эти существа помогут написать уникальную и захватывающую историю, за которой скрывается поиск ответа к решаемой задаче.

Упражнение по выстраиванию историй на базе персонажей и математической задачи помогает актуализировать необходимость поиска ответа, раскрывая при этом внутренний мир учащегося. Само по себе построение такой истории — нетривиальная и энергозатратная для мозга процедура. Поэтому совершенно не обязательно, что каждую задачу учащийся должен решать таким образом: со временем рациональный мозг будет напрямую оперировать абстрактными понятиями, когда они приобретут обоснованную значимость (доминанту). Тем не менее, обладая навыком сочинения историй, учащийся может самостоятельно вызывать интерес к любой изучаемой проблеме, а преподаватель, зная особенности мышления ученика, мягким природосообразным образом стимулировать учебную деятельность.

**Третий принцип** основан на «обратной афферентации». Его предложил Пётр Кузьмич Анохин (однофамилец упомянутого мной К.В. Анохина) в работе «Теория функциональных систем» для обозначения нейрофизиологических механизмов доставки информации о параметрах достигнутых полезных результатов в целенаправленной деятельности организма в центральную нервную систему. После получения отклика от внешней среды запускаются рекуррентные цепочки и обратная связь по его обработке внутри мозга. Именно так происходит научение через многократное повторение по Б. Скиннеру, которое необходимо для формирования устойчивых нейронных связей. Дело в том, что механизмов образования связей не очень много, и основной из них — механизм рекуррентной (обратной) связи.

Что этот принцип вносит в теорию адаптивно-реверсионного обучения? Во-первых, учащийся должен обязательно получить внешний отклик на действия. В нашем случае — на свою историю, а также на историю персонажей, которые помогли ему найти ответ на задачу. И этот отклик не следует ограничивать оценкой-числом с сухими комментариями. Он должен получить возможность представить в эмоциональном контексте свою историю и обсудить её в интеллектуальной среде. Как организовать такую среду? На этот вопрос пока нет однозначного ответа, и поиск решения отдаётся на откуп практикующим педагогам.

Стоит отметить, что реализация принципа многократного повторения происходит не только за счёт разбора нескольких подобных примеров и задач. Ученик, представляя рассказ, будет стремиться к построению логических связей, а его история при этом не будет выглядеть эклектично. Мысленно школьник формирует предложения и получает ответы от воображаемых собеседников. Этот процесс внутреннего диалога обеспечивает многократную повторяемость и работу рекуррентных цепочек. Потому что «нет никакой разницы в процессах, обеспечивающих в мозгу реальные события, их последствия или воспоминания о них» (И. М. Сеченов). Важно осознание учащимся совершаемых им действий и последствий изменения реальности.

**Четвёртый принцип** также связан с работой дефолт системы мозга, которая выстраивается по иерархическому принципу с определением социально значимых ролей. Обучение в социальных группах происходит тем успешнее, чем более высокую ступень в социальной иерархии занимает индивид, обладающий необходимым навыком. В АРО этот принцип также находит отображение в особенностях организации персонажей истории. Преподаватель обращает внимание на то, какое значение ученик придаёт персонажам. Если персонажи для него играют второстепенную роль, то эти истории будут носить формальный характер. Поэтому важно отмечать, как ученик описывает роли и их взаимодействие, кто находится в главном или подчинённом положении, какие правила установлены для достижения успеха, победы. Задавая наводящие вопросы и отмечая низкую значимость персонажей, преподаватель вызы-

## МЕТОДОЛОГИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ И ПРАКТИКА ОБУЧЕНИЯ

вает дополнительный интерес, изменяя первоначально равнодушное отношение к предмету и истории. Удовлетворительным положением можно считать, когда у учащегося появляются главные герои, жизнь которых описывается предысториями и красочными эпизодами.

Одновременно с внутренним раскрытием этого принципа, когда акцентируется значимость персонажей, существенную роль играет и его внешнее проявление. Учащийся не должен рассматриваться изолированно от социальной среды как некий абстрактный самодостаточный индивид. В его окружении обязательно присутствует референтная группа, представители которой воспринимаются им как авторитеты, именно они формируют мнение об успехах школьника или отсутствии таковых. Если такого человека нет, то, как правило, выбирается реальный герой из прошлого или вымышленный персонаж художественного произведения. В любом случае важно, чтобы у него был значимый реципиент, принимающий результаты его учебной деятельности, тот, кто может дать положительную оценку, приободрить, чьё мнение вдохновляет. Этот феномен, известный как положительное подкрепление (оперантное обусловливание в бихевиоризме), обусловлен инстинктивной наследственностью, сформировавшей мозг человека в процессе эволюции социальных животных. От педагога зависит построение связи мотивированной учебной деятельности и объекта внешнего мира, который обуславливает положительное подкрепление. Без такого объекта обучение будет затруднительным, а поэтому нерезультативным.

По итогам представления четырёх нейрофизиологических принципов организации мыслительной деятельности приходим к выводам.

**1.** Учебная деятельность в АРО невозможна без обозначения значимой актуальной цели, тесно связанной с ситуативным контекстом. Для предмета изучения

обозначается цель, которая на протяжении всего образовательного процесса играет роль мотивирующей доминанты. Актуализация цели производится благодаря опроснику, ответы на вопросы которого позволяют сформировать представление об особенностях мышления учащегося. Результат обучения представляется в виде личностной истории.

2. Школьник должен чётко и ясно представлять, чему и как он обучается на любом этапе учебной деятельности. Состояние ясности достигается благодаря конструированию персонажей личностной истории через семантическое связывание характерных ролей и понятий конкретного содержания образования. Материал учебного предмета адаптируется в соответствии с личностными особенностями мышления.

3. Формирование прочных нейронных связей невозможно без включения рекуррентных цепочек — механизмов получения мозгом результатов осознанной деятельности. Многократное представление того, как полученные знания влияют на реальность, обеспечивается за счёт организации обратной связи или реверса.

4. Учащийся должен иметь значимого реципиента, готового принять результаты

учебной деятельности, а значимость персонажей его личностных историй должна быть на высоком социально-ценностном уровне.

Таким образом, на основании нейрофизиологических представлений о деятельности мозга формируются условия, необходимые для адаптивно-реверсивного обучения. Простое желание учиться не сможет сподвигнуть всю нейронную сеть к реализации достаточно энергозатратного механизма образования новых нейронных связей. Для этого необходимы представленные условия.

Итак, в статье рассмотрены четыре нейрофизиологических принципа, которые лежат в основе адаптивно-реверсивного обучения, обосновывают важность адаптации стандартизированного материала и формирования регулярной обратной связи (реверса). В заключение подчеркнём, что представленная модель наиболее применима для индивидуального обучения, но возможно применение указанных подходов и в классно-урочном формате образования. Это интересная педагогическая задача, в которой может быть множество новых нетривиальных решений. **НО**

## **Neurophysiology And Technology: Integration, Modification, Adaptation, Or What Is Adaptive-reversible Learning**

Alexander N. Dakhin, Professor of Novosibirsk state pedagogical University, doctor of pedagogical Sciences

**Abstract.** *Designing adaptive-reverse learning in the educational process. The principles of the neural networks of the brain Neurophysiological mechanism and didactic conditions.*

**Keywords:** *cogniton, neural networks, brain, adaptive-reverse learning, dominant principle, the relationship of intellectual objects, reverse afferentation, operant conditioning.*

### **Ispol'zovannye istochniki:**

1. Disterveg F.A. O prirodosoobraznosti i kul'turosoobraznosti obucheniya // Narodnoye obrazovaniye. — 1998. — № 7. — S 10–31.
2. Komenskiy Ya.A. Izbrannyye pedagogicheskiye sochineniya. V 2-khtomakh. T. 1. — M: Pedagogika, 1982. — 656 s.
3. Anokhin K.V., Ivashkina O.I. i dr. Kognitivnaya indeksatsiya neyronov: Cre-upravlyayemoye geneticheskoye markirovaniye i izucheniye kletok, uchastvuyushchikhv obuchenii i pamyati // Acta Naturae. — 2018. — T. 10, № 2. — S. 40–51.
4. Dakhin A.N. Kognitivnaya garmoniya matematiki // Narodnoye obrazovaniye. — 2017. — № 6–7 (1463). — S. 81–88.
5. Ukhtomskiy A.A. Dominanta. Stat'i raznykhlet. 1887–1939. — SPb.: Piter, 2002. — 448 s.