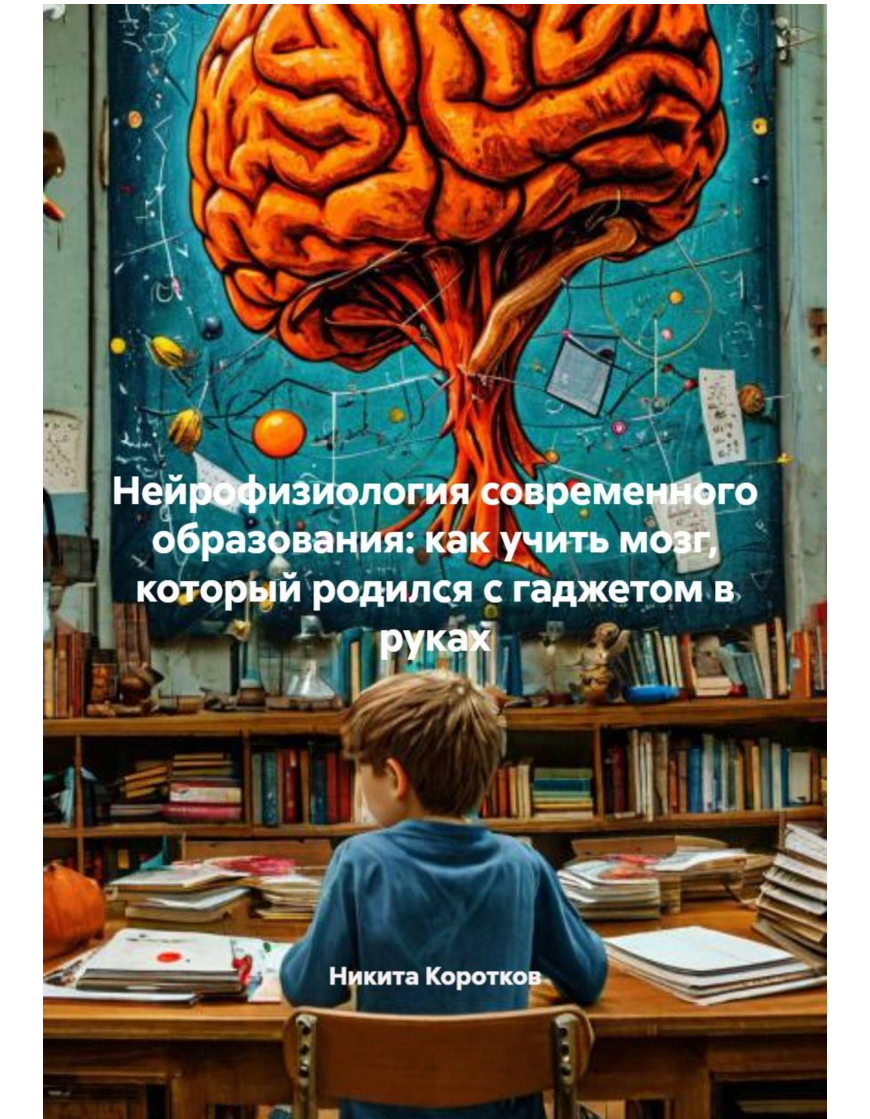


A young child with light brown hair, wearing a blue long-sleeved shirt, is seen from behind, sitting at a wooden desk. The desk is cluttered with stacks of papers and books. Behind the child is a large wooden bookshelf filled with books. On the wall above the bookshelf is a large, vibrant mural of a human brain in shades of orange and red. The brain's neural pathways are depicted as thin, branching lines that extend across a dark blue background, which is also decorated with small, colorful circles and geometric shapes, resembling a complex network or a stylized universe. The overall scene suggests a connection between modern technology (gadgets) and the human brain in the context of education.

Нейрофизиология современного образования: как учить мозг, который родился с гаджетом в руках

Никита Коротков

Никита Коротков
Нейрофизиология
современного образования:
как учить мозг, который
родился с гаджетом в руках
Серия «Нейробиология
образования», книга 1

<https://litres.ru/73786826>
SelfPub; 2026

Аннотация

Префронтальная кора, миндалина, дофамин, кортизол — именно эти нейробиологические механизмы определяют, почему ученик впадает в ступор у доски, забывает выученное дома и боится поднять руку. Традиционная педагогика упорно игнорирует эти законы, продолжая наказывать двойками и требовать «сидеть смирно». В результате расплачиваются все: дети теряют мотивацию и привыкают к выученной беспомощности, учителя — нервы и время. Эта книга переводит нейронауку на язык школы. Вы узнаете, как именно работает мозг ребёнка на уроке: почему стресс отключает мышление, а

безопасная среда — включает; как короткие задания удерживают внимание, а положительное подкрепление формирует нейронные связи. И получите практические рекомендации: от организации безопасного опроса до проектирования урока, дружественного вниманию и памяти. Это не теория, а пошаговая инструкция для тех, кто хочет перестать воевать с учениками и начать строить урок по законам их мозга.

Содержание

Предисловие	5
Введение: Кризис традиционной школы и вызов нейронауки	8
Часть I. Фундамент: как работает мозг ученика	12
Глава 1. Архитектура внимания: почему 40 минут – это слишком долго	12
Глава 2. Дуэль в голове: ПФК против миндалины	23
Глава 3. Химия успеха и неудачи	35
Часть II. Поколенческий код: кто сидит за партой	49
Глава 4. От бумеров до Альфа: эволюция восприятия информации	49
Конец ознакомительного фрагмента.	50

Никита Коротков

Нейрофизиология

современного образования:

как учить мозг, который

родился с гаджетом в руках

Предисловие

Дорогой мой читатель, если после прочтения нескольких страниц у вас возникнет мнение: «Что за нудятина? И причём здесь педагогика? Набор каких-то научных терминов», — попробуйте пересилить себя и прочитать эту книгу до конца. Я не случайно начал не с советов «как заинтересовать учеников» и не с описания «игровых приёмов», а с рассказа о миндалевидном теле, префронтальной коре и дофаминовых рецепторах. Потому что без этого фундамента любые педагогические советы — это гадание на кофейной гуще. Вы можете годами использовать «эффективные методики», но если они не учитывают того, как реально работает мозг ребёнка, они будут работать спорадически — сегодня получилось, завтра нет, в этом классе сработало, в том нет. А вы будете

ломать голову: «В чём дело? Я же делаю всё правильно!».

Дело в том, что педагогика долгое время была искусством, а не наукой. Учитель полагался на интуицию, опыт, традиции. Но сегодня, когда мозг наших учеников формируется под воздействием цифровой среды, ритм жизни изменился, а объём информации вырос на порядки, интуиции недостаточно. Нужно понимать механизмы. Зачем учителю знать про дефолт-систему мозга? Затем, чтобы перестать обижаться, когда ученик «зависает» на 15-й минуте лекции, и начать строить урок иначе. Зачем знать про связь социального отвержения и физической боли? Затем, чтобы навсегда отказаться от публичных двоек и унижений, которые калечат психику и убивают мотивацию. Зачем знать про дофаминовое подкрепление? Затем, чтобы перестать скупиться на похвалу и понять, почему неожиданная пятёрка работает лучше, чем ожидаемая.

Эта книга – не лёгкое чтение. В ней действительно много терминов. Но я старался объяснять их через живые примеры и связывать с конкретными ситуациями в классе. Мой читатель – не студент-биолог, а учитель, который пришёл в профессию не для того, чтобы изучать нейроны, а чтобы учить детей. Поэтому я обещаю: каждый термин будет не просто назван, но и «приземлён» на школьную реальность.

Если вы дойдёте до конца, вы обнаружите, что нейробиология не отменяет педагогику, а даёт ей прочный фундамент. Вы перестанете воевать с учениками и начнёте работать с

их мозгом. Вы увидите, как класс, который раньше молчал и боялся, начинает спорить, задавать вопросы, рисковать. И вы почувствуете, что ваша работа перестала быть борьбой с ветряными мельницами и стала осмысленным, благодарным трудом. Это стоит того, чтобы пересилить себя на первых страницах. Давайте начнём.

Введение: Кризис традиционной школы и вызов нейронауки

Современный учитель всё чаще оказывается в положении человека, который говорит на одном языке, а его аудитория – на другом. Классическая российская педагогика, сформировавшаяся под влиянием трудов И.П. Павлова, А.Р. Лурии и других великих физиологов, долгое время оставалась надёжным фундаментом образования. Она базировалась на чётких принципах: выработка условных рефлексов, дисциплина, авторитет учителя, многократное повторение и контроль. Однако сегодня этот фундамент даёт системный сбой. Мы наблюдаем парадокс: при внешней информированности и тотальной цифровой грамотности учеников (которые нередко быстрее учителя находят информацию в сети) наблюдается резкое снижение академической успеваемости, неспособность удерживать внимание на одном объекте более нескольких минут и практически полное отсутствие внутренней мотивации к изучению нового материала.

Почему старые методы, работавшие десятилетиями, перестали быть эффективными? Ответ лежит не в плоскости морализаторства («обленились», «не хотят думать») и не в усилении педагогического давления. Дело в фундаментальном конфликте между классической рефлексорной теорией,

которая рассматривает поведение как цепочку стимул-реакция, и современным пониманием нейробиологии обучающегося. Как убедительно показал Роберт Сапольски в своих фундаментальных трудах, мозг подростка физиологически незрел, его префронтальная кора, отвечающая за самоконтроль и планирование, окончательно созревает лишь к 20–25 годам. Требовать от такого мозга 40-минутной сосредоточенности на абстрактном материале под угрозой отрицательной оценки – это всё равно что просить человека с деменцией соблюдать строгую диету и все рекомендации врача. Мозг просто не обладает для этого необходимыми ресурсами.

К этому добавляется поколенческий сдвиг, впервые описанный Марком Пренски в его знаменитой статье «Digital Natives, Digital Immigrants». Нынешние школьники – «цифровые аборигены» – родились в мире, где информация всегда доступна, а смена контекста происходит каждые несколько секунд. Их мозг структурно и функционально отличается от мозга «цифровых иммигрантов» (людей, осваивавших цифровые технологии уже взрослыми). Исследование Microsoft 2015 года зафиксировало, что средняя продолжительность концентрации внимания у представителей поколения Z снизилась до 8 секунд. Это не патология, как часто ошибочно полагают педагоги, а эволюционная адаптация к условиям информационного цунами. Мозг научился быстро сканировать, быстро отсеивать лишнее и быстро переключаться – и он делает это не потому, что «испорчен гаджета-

ми», а потому что это единственный способ выжить в современном медиа-ландшафте.

Цель этой книги – не бороться с биологией и не пытаться втиснуть современного ученика в прокрустово ложе устаревших методов. Напротив, мы предлагаем посмотреть на школьника не через призму классической педагогики и психологии, а через объектив современной нейронауки, разобраться биологические причины его поведения, внимания, мотивации и стресса. Только поняв, как на самом деле работает мозг ребёнка, мы сможем выстроить образование, которое будет не ломать, а поддерживать его естественные механизмы.

Книга построена как последовательное движение от фундаментальных нейробиологических принципов к конкретным педагогическим инструментам. Первая часть посвящена устройству внимания и памяти: мы разберём, почему мозг неизбежно «отключается» на монотонной лекции, как стресс блокирует мышление и почему неожиданная похвала оказывается мощнее любого наказания. Во второй части мы приглядимся к тем, кто сидит за партами: что на самом деле означают термины «бумер», «зумер» и «альфа», как менялось восприятие информации от поколения к поколению и почему то, что работало с нашими родителями, сегодня вызывает отторжение. Третья часть – это практический инструментальный нейропедагог: мы детально разберём методику «Шанс на 5», научимся проектировать урок с учётом ко-

гнитивной нагрузки, поймём, почему мультисенсорный подход и движение в классе – не прихоть, а необходимость, и, что не менее важно, разберём типичные ошибки учителей при внедрении нейроподхода. Четвёртая часть погружает нас в психологию и нейробиологию мотивации: как переключить ученика с мотивации избегания неудач на мотивацию достижения, какие игровые механики действительно работают в классе и почему социальное взаимодействие – самый мощный катализатор обучения. Наконец, пятая часть даёт готовые алгоритмы для диагностики и внедрения: как измерить уровень тревожности в классе, как провести педагогический эксперимент, сравнивая эффективность разных подходов, и как шаг за шагом, от первого урока до стабильной системы, ввести нейроподход в свою повседневную практику. В приложениях читатель найдёт шаблоны опорных конспектов, бланки для цветового теста отношений, примеры заданий для «Шанса на 5» и чек-листы для ежедневной рефлексии учителя.

Эта книга – не сборник абстрактных теорий, а путеводитель для тех, кто готов посмотреть на образование глазами нейробиолога и повернуть школу лицом к ученику.

Часть I. Фундамент: как работает мозг ученика

Глава 1. Архитектура внимания: почему 40 минут – это слишком долго

Нейрофизиология скуки: дефолт-система мозга и «зависание» на уроке

Чтобы понять, почему ученик через 10–15 минут монотонной лекции начинает смотреть в окно, рисовать на полях или просто «выпадать» из реальности, нужно заглянуть в работу его мозга. В 2001 году американский нейробиолог Маркус Райхле и его коллеги открыли так называемую дефолт-систему мозга (default mode network, DMN) – сеть областей, которые активны, когда человек не сосредоточен на внешней задаче, а «блуждает мыслями», вспоминает прошлое, строит планы или просто мечтает. Это не «поломка» и не признак лени, а фундаментальный режим работы мозга, эволюционно предназначенный для обработки автобиографической памяти и социального познания. Более того, исследования показывают, что дефолт-система потребляет почти столько же энергии, сколько и режим активного решения задач – мозг никогда не отдыхает полностью.

Когда учитель произносит монолог, а ученик не вовлечён активно (не отвечает, не решает задачу, не делает выбор), его мозг переключается в этот режим по умолчанию. И чем дольше длится пассивное слушание, тем увереннее дефолт-система захватывает контроль. Именно поэтому ученик может «зависнуть» на целую минуту, не слыша вопроса, – его мозг просто ушёл в автономное плавание. Исследования с использованием фМРТ показывают, что активация DMN сопровождается снижением активности в областях, ответственных за рабочую память и произвольное внимание (дорсолатеральная префронтальная кора, передняя поясная извилина). Простыми словами: чем скучнее урок, тем быстрее мозг перестаёт пытаться и уходит в «энергосберегающий режим» – точнее, в режим внутренней стимуляции.

Отсюда следует важный и неочевидный вывод: скука – это не отсутствие стимула, а активный нейробиологический процесс. Мозг не просто «выключается», он переключается на альтернативную программу: прокручивает социальные сценарии, вспоминает вчерашний разговор, строит планы на вечер. И это не «непослушание», а естественная работа нервной системы. Парадокс в том, что многие учителя интерпретируют это как «нежелание учиться» и усиливают контроль – начинают громче говорить, требовать сидеть смирно, вызывают к доске «для профилактики». Однако нейрофизиология говорит об обратном: единственный способ удержать мозг в активном режиме – это частая смена деятельности,

постановка конкретных задач и немедленная обратная связь. Чем чаще ученик должен принимать решение (даже самое простое – выбрать вариант ответа), тем дольше его мозг остаётся в режиме решения проблем, а не в режиме «созерцания облаков». Именно на этом принципе построены современные интерактивные методы и, в частности, методика «Шанс на 5», где каждые полторы минуты ученик сталкивается с новым заданием и новым решением.

«Тикток-рефлекс»: эволюционная адаптация к быстрому переключению контекста

Данные Microsoft Research, опубликованные в 2015 году, стали шоком для многих педагогов: средняя продолжительность концентрации внимания у человека упала с 12 секунд в 2000 году до 8 секунд в 2015-м. Для сравнения: золотая рыбка удерживает внимание на 9 секунд. СМИ тут же окрестили это «синдромом золотой рыбки», забыв уточнить, что эти цифры относятся не к глубине мышления, а к переключению между стимулами в условиях многозадачности. Более поздние работы, например исследование Глории Марк из Калифорнийского университета, показали, что в реальной рабочей среде человек переключается между задачами каждые 47 секунд, и каждое переключение стоит около 20 минут потерянной продуктивности. Но для цифрового поколения эти цифры ещё ниже.

На самом деле снижение времени удержания внимания на одном объекте – это не деградация, а адаптация. Поколение

З и Альфа выросли в среде, где каждый день они сталкиваются с сотнями коротких видеороликов, постов и сообщений. Их мозг научился быстро определять, что ценно, а что нет, и мгновенно переключаться. Это похоже на то, как человек, живущий на оживлённом перекрёстке, учится мгновенно оценивать движение – он не глух и не слеп, он просто настроен на другую частоту. Нейробиолог Дафна Бавелье показала, что у цифровых аборигенов развита способность к параллельной обработке информации: они могут одновременно отслеживать несколько потоков, но платят за это снижением глубины обработки каждого из них.

Марк Пренски, введший понятие «цифровых аборигенов», подчёркивал, что их мозг не хуже и не лучше – он другой. И требовать от него 40-минутной линейной концентрации так же бессмысленно, как требовать от рыбы лазать по деревьям. Однако в классе это требование продолжает звучать. Учитель рассказывает 20 минут, потом даёт задание, потом проверяет – и искренне удивляется, что большая часть класса отключилась уже на пятой минуте объяснения. Нейробиолог Джон Медина в книге «Правила мозга» сформулировал простое правило: мозг не умеет удерживать внимание на неинтересном материале дольше 10 минут. После этого нужен либо «крючок» – эмоциональная история, вопрос, загадка, либо смена деятельности. Эволюционно наш мозг настроен на постоянное сканирование среды на предмет опасности, пищи или социальных сигналов. Монотонный голос

учителя, не содержащий этих сигналов, воспринимается как фоновый шум, который можно игнорировать.

Отсюда следует важный практический вывод: бороться с «тикток-рефлексом» бесполезно. Его нужно использовать. Если мозг ученика настроен на быструю смену контекста, дайте ему эту смену. Десять коротких заданий по 1–2 минуты будут усвоены гораздо лучше, чем одно длинное на 20 минут. Короткие видеовставки, чередование индивидуальной и групповой работы, вопросы, требующие немедленного ответа (жестом, сигнальной карточкой), – всё это работает не вопреки, а благодаря нейрофизиологии современного ребёнка. Более того, само осознание учениками этой особенности может помочь: когда учитель объясняет, почему урок построен так дробно, подростки чувствуют, что их биология уважается, а не подавляется.

Дофаминовое голодание: почему смартфон выигрывает у учебника

Чтобы понять, почему ученик предпочитает листать ленту соцсетей чтению параграфа, нужно разобраться в механизмах дофаминового подкрепления. Дофамин – это не «гормон удовольствия», как часто упрощённо говорят, а нейромедиатор, кодирующий ожидание награды и предвкушение. Когда человек предвкушает что-то приятное (новое сообщение, лайк, яркую картинку, победу в игре), его мозг выделяет дофамин, и это создаёт мощную мотивацию действовать. Ключевое слово – «предвкушение». Сам факт получе-

ния награды даёт гораздо меньший дофаминовый выброс, чем неопределённое ожидание. Именно поэтому лотереи и азартные игры так затягивают – мозг постоянно находится в состоянии «а вдруг».

Смартфоны и социальные сети спроектированы так, чтобы эксплуатировать эту систему с максимальной эффективностью. Бесконечная лента, непредсказуемое вознаграждение (кто поставил лайк? какое видео сейчас выпадет?), короткие циклы обратной связи – всё это вызывает частые и мощные дофаминовые выбросы. Исследование Сьюзан Гринфилд показывает, что уже через 10–15 минут использования смартфона дофаминовая система привыкает к этому уровню стимуляции и начинает требовать его постоянно. Учебник с его медленным, предсказуемым и отложенным подкреплением (оценка придёт не сейчас, а через урок или через неделю) просто не может конкурировать. Даже сама структура учебника – сплошной текст, редкие иллюстрации, отсутствие интерактива – не даёт мозгу тех микро-наград, к которым он привык.

Однако нейропластичность работает в обе стороны. Если ученик длительное время находится в среде с быстрым дофаминовым подкреплением, его мозг адаптируется, и задания с отсроченной наградой становятся для него всё более трудными. Это не лень, это физиологическая десенситизация. Учитель, который говорит: «Выучите параграф, а через две недели будет контрольная», – заведомо проигрывает

смартфону, который обещает награду через 10 секунд. Более того, сам процесс чтения линейного текста без внешних стимулов для дофаминовой системы становится «наказанием» – мозг испытывает дискомфорт от отсутствия привычных всплесков.

Решения здесь два, и они взаимодополняют друг друга. Во-первых, использовать короткие циклы обратной связи в самом обучении: немедленная похвала, немедленное выставление оценки, немедленное указание на ошибку. Именно на этом принципе построена методика «Шанс на 5», которую мы подробно разберём в главе 6. Во-вторых, постепенно приучать мозг к более длительным циклам, увеличивая интервал между действием и вознаграждением, – но делать это надо осторожно, не допуская срыва в прокрастинацию. Например, сначала давать обратную связь через минуту, потом через три, потом через пять. Этот принцип «тренировки дофаминовой системы» редко обсуждается в педагогике, но он критически важен для формирования устойчивой учебной мотивации.

Энергетический бюджет подростка: роль глюкозы, гидратации и утомление префронтальной коры

Внимание – это не просто психологическая установка, а дорогостоящий метаболический процесс. Префронтальная кора, которая отвечает за произвольное внимание, планирование, торможение импульсивных реакций и самоконтроль, потребляет огромное количество глюкозы и кислорода. Ис-

следования показывают, что после 20–30 минут интенсивной умственной работы уровень глюкозы в крови значительно снижается, и ПФК начинает «экономить» ресурсы. Это проявляется в виде ухудшения концентрации, импульсивных решений, роста числа ошибок и повышенной раздражительности. Утомлённая ПФК похожа на перегретый процессор – она начинает «тормозить» и давать сбои.

У подростков эта проблема стоит особенно остро. Во-первых, их ПФК ещё незрела и работает менее эффективно (более низкая миелинизация аксонов, более медленная скорость передачи нервных импульсов), то есть тратит больше энергии на ту же когнитивную нагрузку. Исследования Джей Гидда из Национального института психического здоровья показали, что процесс миелинизации ПФК продолжается до 25 лет, а в подростковом возрасте серое вещество префронтальной коры активно перестраивается – оно становится тоньше в одних областях и толще в других, что делает работу ПФК ещё более энергозатратной. Во-вторых, режим питания многих школьников далёк от идеала: сладкие завтраки и перекусы приводят к резким скачкам глюкозы и последующему падению (реактивная гипогликемия). В результате к середине третьего урока мозг оказывается в состоянии «энергетического кризиса». Добавьте сюда обезвоживание (подростки часто пьют мало воды, предпочитая сладкие напитки), и картина становится ещё более тревожной: даже лёгкая дегидратация снижает когнитивные способности на

10–15%.

Что это означает для учителя? Во-первых, объяснение нового материала и сложные задания лучше планировать на начало урока или сразу после перемены, когда энергетический бюджет ещё не исчерпан. Во-вторых, необходимы короткие «подзарядки»: переключение на двигательную активность (физкультминутка – это не прихоть, а необходимость для восстановления глюкозы через движение), дыхательные упражнения, смена типа деятельности. Даже 30 секунд активного движения увеличивают приток кислорода к мозгу и временно восстанавливают работоспособность ПФК. Наконец, не стоит забывать о гидратации: разрешить ученикам держать бутылку с водой на парте – это не нарушение дисциплины, а поддержка их когнитивной эффективности.

Наконец, важно понимать, что утомление ПФК необратимо в рамках одного урока – после определённого предела восстановление возможно только через отдых (желательно с закрытыми глазами или сменой обстановки). Попытки «дожать» ученика, когда его ПФК уже отключилась, приводят только к росту ошибок и снижению мотивации. Более того, хроническое переутомление ПФК ведёт к формированию выученной беспомощности (о которой мы поговорим в главе 3) – мозг просто перестаёт пытаться, потому что каждый раз попытка заканчивается истощением и неудачей. Уважение к энергетическому бюджету ученика – это не потакание лени, а следование законам нейрофизиологии, без которого любая

педагогика обречена на провал.

Практические выводы: оптимальная длительность объяснения и смена активности

Суммируя данные нейронаук, можно сформулировать несколько практических правил, которые каждый учитель может применить уже завтра. Первое: максимальная длительность непрерывного объяснения учителем нового материала не должна превышать 10–12 минут. Через этот интервал дефолт-система мозга неизбежно начинает захватывать контроль, если не происходит смена активности. Исследования показывают, что оптимальный блок лекции – 7–9 минут, после чего необходимо хотя бы 1–2 минуты активного взаимодействия: вопрос к классу, короткое задание, обсуждение в парах.

Второе: задания на этапе закрепления должны длиться не более 1,5–2 минут. Это соответствует «тикток-ритму» мозга поколения Z и Альфа и не даёт вниманию рассеяться. Каждое такое задание должно быть чётко сформулировано, иметь однозначный ответ (или несколько вариантов) и предполагать немедленную обратную связь. Третье: каждые 20–25 минут урока должна происходить двигательная разгрузка – хотя бы 30–60 секунд активных движений (встать, потянуться, повернуть голову, сделать несколько приседаний), чтобы восстановить кровоток и уровень глюкозы в ПФК. Это не «физкультминутка для галочки», а реальный нейрофизиологический инструмент.

Четвёртое: новую информацию лучше подавать не сплошным текстом, а дробно, с визуальными опорами, и каждую порцию сразу же закреплять вопросом или заданием. Пятое: урок нужно строить как чередование «интенсивов» (высокой когнитивной нагрузки) и «пауз» (лёгких, автоматических действий, например, запись под диктовку или раскрашивание схемы), не допуская монотонности. Шестое: учитывать естественные ритмы работоспособности – наибольшая продуктивность приходится на вторую-третью минуты после начала работы и держится около 15 минут, затем следует спад. Планируйте самое важное на первые 15–20 минут урока.

Именно такой дизайн урока – дробный, динамичный, визуально насыщенный и двигательно разнообразный – соответствует архитектуре внимания современного ученика. Он не борется с «тикток-рефлексом», а использует его как опору. Он не игнорирует энергетический бюджет ПФК, а уважает его. И он закладывает основу для успешного применения нейропедагогических методов, которые мы рассмотрим в следующих главах. В следующей главе мы разберём, что происходит в мозге ученика, когда его вызывают к доске, и почему страх ошибки буквально «отключает» мышление.

Глава 2. Дуэль в голове: ПФК против миндалины

Представьте себе обычный урок биологии в восьмом классе. Учитель объясняет тему «Класс Насекомые» (которая, согласно Федеральной рабочей программе, изучается именно в 8 классе), показывает схемы, рассказывает о строении жука. Через пятнадцать минут объяснения он объявляет: «А теперь, Иванов, иди к доске, покажи части тела насекомого на рисунке и расскажи, чем они отличаются от паукообразных». И тут с учеником, который минуту назад сидел и вроде бы слушал, происходит нечто странное. Он выходит к доске, берёт указку, смотрит на рисунок... и замирает. Его лицо бледнеет, руки начинают дрожать, голос срывается. Он смотрит на учителя, потом на одноклассников, потом опять на рисунок. «Ну? – подгоняет учитель. – Что там с грудью и брюшком?» Иванов молчит. Он знал это пять минут назад. Он повторял дома. Но сейчас – ни слова.

Большинство учителей интерпретируют такую сцену как «лень», «неподготовленность», «нежелание отвечать» или даже «глупость». Некоторые добавляют морализаторство: «Надо было дома учить». Однако нейрофизиология предлагает совершенно иное объяснение, которое переворачивает представление о «плохом» ученике. То, что произошло с

Ивановым, – это не провал памяти и не недостаток знаний. Это победа одной структуры мозга над другой. Это дуэль между префронтальной корой и миндалевидным телом. И в этой дуэли миндалина выиграла, а ПФК проиграла. Чтобы понять, как именно это происходит, нужно заглянуть внутрь черепа ученика и проследить за нейрохимическими событиями от момента вызова до момента, когда он замирает у доски.

Префронтальная кора (ПФК): «внутренний взрослый» и его зоны ответственности

Префронтальная кора – это самая эволюционно молодая область мозга, расположенная прямо за лбом, в передней части лобных долей. У человека она занимает почти треть всей коры – гораздо большую долю, чем у любых других животных. Именно ПФК делает нас людьми в высшем смысле этого слова: она отвечает за то, что психологи называют «исполнительными функциями». Если представить мозг как оркестр, то ПФК – это дирижёр. Она не играет на инструменте сама, но она решает, когда вступать скрипкам, когда – духовым, а когда – сделать паузу.

Роберт Сапольски в «Биологии добра и зла» подробно описывает подразделы ПФК и их функции. Дорсолатеральная префронтальная кора (расположенная в верхне-боковой части) отвечает за рабочую память, планирование и переключение между задачами. Именно она позволяет нам удерживать в голове номер телефона, пока мы ищем ручку, что-

бы его записать, или помнить первый шаг инструкции, пока мы выполняем второй. Вентромедиальная префронтальная кора связана с принятием решений, основанных на эмоциональных сигналах, и с подавлением импульсивных реакций. Она говорит нам: «Не ешь этот пирожок, ты на диете» или «Не отвечай грубо учителю, это приведёт к проблемам». Орбитофронтальная кора участвует в оценке награды и наказания, сравнивая ожидаемый результат с реальным. Когда ученик думает: «Если я сейчас выучу стих, получу пятёрку, и мама будет довольна», – работает орбитофронтальная кора.

Все эти зоны ПФК вместе обеспечивают то, что мы называем самоконтролем, целеустремлённостью и способностью к отсроченному удовлетворению. Но у этих функций есть высокая цена: они требуют огромного количества энергии и, что важнее для педагога, очень медленно созревают. Процесс миелинизации – покрытия аксонов изолирующей оболочкой, ускоряющей проведение нервных импульсов – в ПФК завершается только к 20–25 годам. У восьмиклассника Иванова миелинизация ПФК находится примерно на 60–70% от взрослого уровня. Его нервные импульсы идут от ПФК к другим отделам мозга медленнее, слабее и легче «забиваются» более быстрыми сигналами из подкорковых структур. Это не дефект и не патология – это нормальный этап развития. Но это означает, что Иванов физиологически не способен к такому же уровню самоконтроля и планирования, как его 30-летний учитель.

Миндалина: древний детектор угроз и его мгновенная реакция

В глубинных, эволюционно древних структурах мозга, далеко под корой, находится миндалевидное тело (амигдала). Это небольшая, но чрезвычайно мощная структура, названная так за свою форму, напоминающую миндаль. Миндалина – это наш «внутренний пещерный человек», система раннего предупреждения, которая работает на доречевом, до-рефлексивном уровне. Её задача – за доли секунды определить, представляет ли текущая ситуация угрозу, и, если да, запустить каскад физиологических реакций, которые готовят организм к действию. Эта система сформировалась сотни миллионов лет назад, когда нашими предками были мелкие млекопитающие, для которых главной задачей было выжить в мире, полном хищников. И с тех пор она почти не изменилась.

Как работает миндалина в реальном времени? Представьте, что вы идёте по тёмной улице и вдруг слышите громкий звук позади. Ещё до того, как вы осознаете, что это был за звук (может, хлопнула дверь, а может, выстрел), миндалина уже запустила реакцию. Она посылает сигналы в гипоталамус, который активирует симпатическую нервную систему. В кровь выбрасываются адреналин и норадреналин. Сердце начинает биться чаще, давление повышается, дыхание учащается. Кровь отливает от пищеварительной системы и приливает к крупным мышцам ног и рук – чтобы можно было

бежать или драться. Зрачки расширяются, чтобы лучше видеть в темноте. Внимание сужается до источника угрозы – всё остальное игнорируется. Всё это происходит за 200–300 миллисекунд, быстрее, чем мы успеваем подумать «что это было?».

Ключевое открытие, которое совершила Наоми Эйзенбергер с коллегами в 2003 году, заключается в том, что миндалины активируются не только на физическую угрозу. Исследователи помещали добровольцев в фМРТ-сканер и моделировали ситуацию социального отвержения: участникам говорили, что другие люди не хотят с ними играть, исключают их из игры. Результат оказался шокирующим: те же зоны мозга (передняя поясная кора, островковая доля), которые активируются при физической боли, активировались и при социальном отвержении. Мозг буквально не различает «меня ударили» и «меня публично унизили». С эволюционной точки зрения это имеет глубокий смысл: для социального животного (а человек – социальное животное) изгнание из группы было смертельной угрозой, сравнимой с нападением хищника. Поэтому система реагирования на социальную угрозу у нас такая же мощная, как на физическую.

Пошаговая нейробиология вызова к доске: что происходит в мозге ученика

Вернёмся к Иванову у доски. Проследим за событиями в его мозге с момента, когда учитель произнёс его фамилию, до момента, когда он замер, не в силах вымолвить ни слова.

Момент 0–0,5 секунды (восприятие вызова): Уши Иванова улавливают звук собственной фамилии. Слуховая кора распознаёт знакомое слово. Сигнал мгновенно передаётся в миндалину – не через кору, а по более короткому подкорковому пути (через таламус). Это древний эволюционный маршрут, позволяющий реагировать на угрозу до того, как она осознана. Уже через 100–150 миллисекунд миндалина активируется. Она не анализирует контекст, не взвешивает «меня вызывают к доске, это опасно или нет?». Она просто получает сигнал: «социальное внимание, ситуация оценки». Для миндалины, обученной прошлым опытом (а Иванов уже получал двойки и слышал насмешки), этого достаточно, чтобы классифицировать ситуацию как потенциальную угрозу.

Момент 0,5–2 секунды (активация стрессовой оси): Миндалины посылают сигнал тревоги в гипоталамус. Гипоталамус, в свою очередь, активирует гипофиз, а гипофиз – кору надпочечников. Запускается гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось (ГГН-ось). В кровь начинают поступать кортиколиберин, затем адренокортикотропный гормон (АКТГ), и, наконец, кортизол. Параллельно активируется симпатическая нервная система, и из мозгового слоя надпочечников выбрасываются адреналин и норадреналин. Эти процессы занимают около 1–2 секунд. Уровень кортизола в крови начнёт расти через 5–10 секунд и достигнет пика через 15–20 минут – но первые изменения в работе мозга возникают гораздо быстрее.

Момент 2–5 секунд (отключение ПФК): Адреналин и норадреналин воздействуют на кровеносные сосуды. Они вызывают сужение сосудов в тех областях, которые не критичны для немедленного выживания, и расширение сосудов в мышцах и стволе мозга. Префронтальная кора – одна из первых, кто теряет кровоснабжение. Это не миф, а измеряемый факт: фМРТ-исследования показывают, что в стрессовой ситуации активность ПФК падает на 30–50% уже через 5–10 секунд. Нейроны ПФК начинают работать нестабильно, их способность генерировать и поддерживать сложные паттерны активности резко снижается. Иванов чувствует это как «туман в голове», «пустоту», «мысли улетучились».

Момент 5–15 секунд (доминирование подкорковых структур): Когда ПФК «отключается», контроль над поведением переходит к более древним, подкорковым структурам: базальным ганглиям, таламусу, и, конечно, самой миндалине. Эти структуры не способны к сложному анализу, абстрактному мышлению или извлечению долговременных воспоминаний, требующих ассоциативных связей. Они работают по принципу «стимул-реакция», с ограниченным набором автоматических паттернов. Поэтому Иванов не может вспомнить строение насекомого – это воспоминание хранится в коре, в сложных ассоциативных сетях, доступ к которым заблокирован. Вместо этого его тело готовится к действию: он бледнеет (кровь отливает от лица), его ладони становятся влажными (активация потовых желез), мышцы ног напряга-

ются (желание убежать). Миндалина предлагает три варианта: бей, беги или замри. Поскольку ни ударить учителя, ни выбежать из класса Иванов не может, мозг выбирает третий вариант – «замри». Он замирает, не может вымолвить ни слова. Это не упрямство, это древний, эволюционно закреплённый рефлекс, который активируется, когда ни борьба, ни бегство невозможны.

Момент 30 секунд и далее (кортизоловый удар): К этому моменту кортизол достигает значимых концентраций в крови и начинает воздействовать на гиппокамп – структуру, критически важную для формирования долговременной памяти. Кортизол подавляет активность гиппокампа, и новый учебный материал, который учитель пытается «вбить» в Иванова в этот момент, не будет закреплён в памяти. Более того, высокий уровень кортизола повреждает дендриты нейронов гиппокампа – при хроническом стрессе это приводит к уменьшению объёма гиппокампа и ухудшению памяти в целом. Школа, которая постоянно держит ученика в стрессе, буквально уменьшает его мозг.

Выученная беспомощность: когда мозг перестаёт пытаться

Если такая ситуация повторяется из урока в урок, в мозге Иванова запускается ещё один разрушительный процесс – формирование выученной беспомощности. Мартин Селигман открыл этот феномен в классических экспериментах на собаках: животные, которых многократно наказывали

без возможности избежать наказания, переставали пытаться что-либо делать, даже когда возможность появлялась. Они просто ложились и скулили, принимая удары.

В мозге человека выученная беспомощность связана с хронической гиперреактивностью миндалины и истощением ПФК. Миндалина Иванова «настроена» на угрозу: даже простое упоминание его фамилии уже запускает стрессовую реакцию. ПФК, неспособная справиться с этим постоянным вмешательством, перестаёт даже пытаться взять контроль. Формируется установка: «Я всё равно не смогу ответить правильно, зачем пытаться?». Это защитная реакция психики на хронический стресс. Учитель интерпретирует её как «лень» или «безразличие», но на самом деле это нейробиологический коллапс мотивационной системы.

Исследования показывают, что выученная беспомощность сопровождается снижением уровня дофамина и норадреналина в префронтальной коре и прилежащем ядре. Мозг буквально перестаёт вырабатывать нейромедиаторы, необходимые для инициации действий. Ученик становится апатичным, не реагирует ни на поощрения, ни на наказания. Это крайняя степень дезадаптации, из которой очень трудно выйти без длительной психотерапии. Именно поэтому профилактика стресса в школе – не «поблажка», а медицинская необходимость.

Как среда обучения может «отключать» миндалину и включать ПФК

Из описанного выше следует, что ключевая задача нейрорепедагога – создать такую среду обучения, в которой миндалины не активируются, а ПФК может работать на полную мощность. Это не значит, что нужно убрать всякую оценку и требование. Это значит, что угроза наказания должна быть полностью устранена на этапе, когда ученик только учится. Как именно это работает на нейрорхимическом уровне?

Первый и самый важный механизм – снятие сигнала социальной угрозы. Когда учитель объявляет в начале урока: «Ребята, сейчас мы будем отвечать на вопросы. За неправильный ответ двойку не ставят. Пятёрки – только за правильные», – он посылает мощный сигнал миндалине каждого ученика. Миндалины оценивают контекст: «угроза наказания отсутствует, ситуация безопасна». Её базальный уровень активности снижается. ПФК получает возможность работать без постоянных «помех» в виде стрессовых импульсов из подкорки. В экспериментальных исследованиях, где сравнивали выполнение когнитивных задач в условиях угрозы наказания и в безопасной среде, продуктивность во втором случае была на 30–40% выше, а количество ошибок – вдвое меньше.

Второй механизм – немедленное положительное подкрепление. Когда ученик даёт правильный ответ, а учитель немедленно, прямо при всех, открывает журнал и ставит «5», происходит мощный выброс дофамина в прилежащем ядре (центре подкрепления). Дофамин не только создаёт прият-

ное ощущение – он выполняет ключевую функцию: он «цементирует» те нейронные связи, которые привели к успеху. Это нейробиологическая основа обучения. Более того, зеркальные нейроны одноклассников (открытые Риццолатти и Крейгера) активируются при наблюдении за успехом, и они тоже получают малую дозу дофамина. Создаётся позитивная обратная связь: отвечать выгодно, безопасно и приятно.

Третий механизм – коллективный разбор ошибок без осуждения. Когда учитель разбирает неверный ответ, он не говорит «Неправильно, садись, два». Он говорит: «Хорошая попытка, но здесь есть ловушка. Посмотрите на схему – что мы упустили?». Миндалина ученика, который ошибся, получает сигнал: «наказания не последует». Она не активируется. ПФК остаётся включённой, и ученик может анализировать свою ошибку, а не защищаться от угрозы. При этом у всего класса формируется установка: ошибка – это не катастрофа, а источник ценной информации.

Четвёртый механизм – правило открытого конспекта. Ученик знает, что может пользоваться опорной схемой во время ответа. Это снимает нагрузку с рабочей памяти (теория когнитивной нагрузки Свеллера). Но что не менее важно, это снимает страх «забыть». Страх забыть – один из мощнейших активаторов миндалины. Когда ученик знает, что шпаргалка разрешена, миндалина успокаивается, и ПФК может сосредоточиться на решении задачи, а не на судорожном припоминании.

Таким образом, дуэль между ПФК и миндалиной – это не метафора, а реальный нейробиологический конфликт, который разворачивается в голове каждого ученика на каждом уроке. Исход этой дуэли зависит не от «силы воли» ученика и не от его «лени», а от того, насколько среда обучения сигнализирует мозгу «опасно» или «безопасно». Задача учителя – сделать среду безопасной, чтобы ПФК могла делать свою работу: мыслить, анализировать, запоминать. И тогда Иванов, выходя к доске, не будет замирать в ужасе. Он будет думать, отвечать, ошибаться и учиться. Потому что его мозг будет в режиме обучения, а не в режиме выживания.

Глава 3. Химия успеха и неудачи

В предыдущей главе мы проследили за тем, как вызов к доске запускает в мозге ученика каскад стрессовых реакций, отключающих префронтальную кору и передающих контроль миндалине. Но это лишь половина истории. Вторая, не менее важная половина касается того, что происходит после ответа – когда учитель ставит оценку. Именно в этот момент решается, закрепится ли учебный материал в долговременной памяти, возникнет ли желание отвечать снова или, напротив, сформируется стойкое отвращение к предмету. Оценка – это не просто символ успеваемости. Это мощнейший нейрохимический сигнал, который либо запускает процессы обучения и мотивации, либо, напротив, разрушает их. Чтобы понять, как именно это работает, нужно разобраться в нейробиологии боли, в механизмах хронического стресса, формирующих выученную беспомощность, и, наконец, в дофаминовом подкреплении – том самом «химическом ключе», который открывает дверь к устойчивому обучению.

Нейробиология оценки: почему «двойка» воспринимается мозгом как физическая боль

Вернёмся к Иванову из восьмого класса. Он стоит у доски, не может вспомнить строение насекомого, замирает, молчит. Учитель, потеряв терпение, говорит: «Садись, два». Что про-

исходит в этот момент в мозге Иванова? С точки зрения нейробиологии – нечто очень похожее на то, что происходит, когда человек ударяется мизинцем о ножку стула или прижигает руку горячей сковородой. И это не метафора, а буквальный нейрофизиологический факт, установленный в серии блестящих экспериментов Наоми Эйзенбергер и её коллег.

В классическом исследовании 2003 года, опубликованном в журнале *Science*, Эйзенбергер помещала добровольцев в фМРТ-сканер и создавала ситуацию социального отвержения. Участникам говорили, что они играют в игру с двумя другими людьми (на самом деле эти «люди» были компьютерной программой), и в какой-то момент другие игроки переставали перебрасывать мяч испытуемому. То есть человека просто исключали из игры. Результат оказался поразительным: при социальном отвержении активировались те же зоны мозга, которые реагируют на физическую боль, – передняя поясная кора и островковая доля. Мозг не различал «меня ударили ногой» и «меня публично проигнорировали». Обе ситуации переживались как боль.

Что это означает для школы? Двойка, выставленная при всём классе, – это классический пример социального отвержения. Ученик получает сигнал: «Ты не справился, ты хуже других, ты не соответствуешь». Для его миндалины и передней поясной коры это эквивалентно удару. Более того, в исследовании Эйзенбергер была обнаружена ещё одна важная

деталь: люди с более высокой чувствительностью к отвержению (те, кто в опросниках набирал высокие баллы по шкале «страх негативной оценки») демонстрировали ещё более сильную активацию зон боли. А таких детей в любом классе большинство – подростковый возраст является пиком чувствительности к социальной оценке. Мозг 13–15-летнего ребёнка настроен на то, чтобы каждый взгляд, каждое слово, каждая оценка воспринимались как сигнал о его месте в социальной иерархии. И двойка для него – не абстрактная цифра, а реальная боль.

Роберт Сапольски в «Биологии добра и зла» развивает эту тему, показывая, что эволюционно боль нужна была для того, чтобы учиться избегать опасностей. Физическая боль учит не трогать огонь, не падать с высоты. Социальная боль учит не совершать поступки, которые могут привести к изгнанию из группы. В древности изгнанный из племени человек был обречён на смерть. Поэтому мозг сделал социальную боль такой же острой, как физическую. Но в школе этот древний механизм даёт сбой. Ученик, получивший двойку, учится не тому, что «надо лучше учить параграф». Он учится тому, что «отвечать у доски опасно, это вызывает боль». И его мозг делает единственный логичный вывод: избегать этой ситуации любой ценой. Не отвечать. Молчать. Сидеть тихо на последней парте. Именно так формируется мотивация избегания неудач, которая разрушает учебную деятельность гораздо эффективнее, чем любая «лень».

Но боль от двойки – это не только социальное отвержение. Есть и другой аспект, который часто упускают из виду. Двойка – это сигнал о том, что усилия были напрасны. Ученик мог готовиться, мог стараться, но результат оказался нулевым. Мозг, который постоянно получает такой сигнал, перестаёт вкладывать усилия. Зачем пытаться, если всё равно будет больно? Этот механизм, открытый Мартином Селигманом, заслуживает отдельного и самого пристального внимания, потому что он объясняет, почему хронический стресс и неконтролируемые наказания ведут к глубокой деградации мотивационной системы.

Нейрохимия безнадёжности: как хронический стресс формирует выученную беспомощность

В конце 1960-х годов психолог Мартин Селигман проводил эксперименты, которые впоследствии стали классическими. Собак помещали в аппарат, где они получали лёгкие удары током, но могли их избежать, перепрыгнув через невысокую перегородку. Собаки быстро учились этому. Затем Селигман взял другую группу собак и сначала подверг их ударам тока, из которых нельзя было избежать – животные просто терпели боль, не имея возможности повлиять на ситуацию. После этого их поместили в аппарат с перегородкой. И что произошло? Собаки из второй группы даже не пытались перепрыгнуть перегородку. Они ложились на пол, скулили и терпели удары, хотя могли бы легко их прекратить. Они выучили беспомощность. Селигман назвал этот фено-

мен «learned helplessness» – выученная беспомощность.

Нейробиологический механизм, лежащий в основе этого феномена, сегодня изучен достаточно подробно. Когда организм многократно сталкивается с ситуацией, где его действия не приводят к изменению результата (удар всё равно происходит), в мозге запускается каскад изменений. Первое и самое важное: снижается уровень дофамина и норадреналина в префронтальной коре и прилежащем ядре. Норадреналин необходим для инициации действий – он обеспечивает «энергетический заряд» для поведения. Дофамин – для закрепления успешных действий. Когда оба нейромедиатора падают, мозг перестаёт посылать сигналы к действию. Второе: миндалина становится гиперчувствительной к сигналам угрозы. Любой нейтральный стимул (например, голос учителя) может вызвать стрессовую реакцию. Третье: гиппокамп, отвечающий за контекстную память, теряет способность различать ситуации, в которых действие может помочь, от тех, где оно бесполезно. Всё начинает казаться безнадёжным.

Ключевой момент, который Селигман подчеркивал в своих работах, – это восприятие контроля. Выученная беспомощность возникает не тогда, когда человек сталкивается с болью, а тогда, когда он не может предсказать боль и не может контролировать её. Если боль предсказуема и есть возможность её избежать (даже ценой усилий), мозг сохраняет способность к действию. Если же боль хаотична и неизбежна – мозг капитулирует. Исследования на грызунах показали,

что предсказуемый стресс (например, регулярные, но короткие удары током, о которых животное знает заранее) не вызывает выученной беспомощности, а непредсказуемый – вызывает. Причём для формирования беспомощности достаточно всего нескольких сеансов неконтролируемого стресса.

Теперь перенесём этот механизм в школу. Ученик, который систематически получает двойки, независимо от того, сколько он учил или не учил, перестаёт видеть связь между своими усилиями и результатом. Он пробовал учить – получил два. Он не учил – тоже два. Он старался – двойка. Он не старался – двойка. Оценка для него становится хаотичным, непредсказуемым ударом. Мозг делает вывод: нет никакой возможности контролировать эту ситуацию. И перестаёт инициировать действие. Ученик становится апатичным, безразличным к оценкам, перестаёт делать домашние задания, на уроках смотрит в одну точку. Учитель видит это и думает: «Ему всё равно, он ленится, у него нет мотивации». Но на самом деле мотивация есть – мотивация избегать боли. Просто она направлена не на учёбу, а на минимизацию страданий. И лучший способ минимизировать страдания – не вступать в контакт с ситуацией, которая их вызывает. Не отвечать. Не поднимать руку. Не пытаться.

Особенно важно то, что выученная беспомощность, сформированная в одной ситуации, генерализуется – распространяется на другие. Ученик, который «забил» на биологию, через некоторое время начинает так же относиться и к дру-

гим предметам, потому что мозг обучился паттерну: «мои усилия бесполезны в этой среде (школе)». Это одна из главных причин, почему двоечники часто становятся двоечниками по всем предметам – не потому, что они глупее, а потому что их мозг выучил беспомощность.

Селигман и его последователи показали, что выученная беспомощность обратима. Ключевой фактор – восстановление связи между действием и результатом. Если ученик начинает получать положительное подкрепление за свои попытки (даже если они не идеальны), мозг постепенно переучивается: «Ага, мои усилия что-то меняют. Есть смысл пытаться». Для этого необходимо, чтобы подкрепление было:

- немедленным (сразу после действия);
- предсказуемым (ученик знает, за что именно его хвалят);
- достаточно частым (особенно в начале, чтобы перебить старый паттерн).

Этот принцип лежит в основе многих современных педагогических подходов, которые мы рассмотрим в третьей части книги. Но прежде чем перейти к ним, нужно разобраться в том, как именно работает положительное подкрепление на нейрохимическом уровне – и почему неожиданная похвала может быть гораздо эффективнее ожидаемой.

Дофаминовое подкрепление: как неожиданная похвала цементирует нейронные связи

Если отрицательное подкрепление (двойка, наказание, критика) активирует зоны боли и ведёт к выученной беспо-

мощности, то положительное подкрепление работает через совершенно другую нейрохимическую систему – через дофамин. Дофамин часто называют «гормоном удовольствия», но это упрощение. На самом деле дофамин кодирует не само удовольствие, а ожидание награды и предвкушение, а также – что особенно важно для обучения – ошибку предсказания.

Классические эксперименты Вольфрама Шульца на обезьянах, проведённые в 1990-х годах, стали прорывом в понимании дофаминовой системы. Шульц обучал обезьян ассоциировать световой сигнал с получением сока. Сначала, когда сок давали без предупреждения, дофаминовые нейроны активировались в момент получения сока. Затем, когда обезьяна выучила, что свет предшествует соку, дофаминовые нейроны перестали реагировать на сок и начали реагировать на свет – на сигнал, предсказывающий награду. Самое интересное произошло, когда Шульц нарушил ожидания: если свет загорался, а сока не давали, дофаминовые нейроны замолкали – их активность падала ниже базового уровня. Если же сок давали без предварительного сигнала (неожиданно), дофаминовые нейроны давали мощный всплеск. Шульц назвал это «сигналом ошибки предсказания»: дофамин кодирует разницу между ожидаемой и полученной наградой. Чем более неожиданна награда, тем сильнее дофаминовый выброс.

Что это значит для школы? Когда учитель ставит «пятёрку» за правильный ответ – особенно если эта пятёрка неожи-

данна для ученика (например, он не был уверен в ответе, но рискнул и ответил верно) – происходит мощный дофаминовый выброс в прилежащем ядре (*nucleus accumbens*). Этот выброс выполняет две функции. Во-первых, он создаёт приятное ощущение – то самое «эйфорическое» чувство, которое сопровождает успех. Во-вторых, и это гораздо важнее, он запускает механизмы нейропластичности: дофамин способствует укреплению тех синаптических связей, которые привели к успеху. Более конкретно: дофамин увеличивает экспрессию рецепторов АМРА в постсинаптических мембранах, что делает нейроны более чувствительными к сигналам, которые привели к награде. Простыми словами: дофамин «цементирует» знание. Мозг запоминает не только факт, но и всю цепочку действий, которая привела к награде.

Важно понимать, что дофаминовая система имеет свои динамические характеристики. Если одна и та же награда предъявляется многократно и предсказуемо, дофаминовый ответ снижается – наступает привыкание. Именно поэтому постоянные «пятёрки» за каждое действие перестают мотивировать. Но если награда неожиданна (но при этом достижима), дофаминовый ответ остаётся высоким. Более того, исследования показывают, что наибольший дофаминовый выброс вызывает награда с вероятностью около 50% – то есть когда успех не гарантирован, но возможен. Это объясняет, почему азартные игры так затягивают: мозг постоянно находится в состоянии «а вдруг повезёт». В обучении этот эф-

фект можно использовать, создавая ситуации, где правильный ответ требует небольшого усилия, но не гарантирован.

Но дофамин работает не только у того, кто отвечает. Открытие зеркальных нейронов, сделанное Джакомо Риццолатти и его коллегами в 1990-е годы, показало, что те же нейроны, которые активируются, когда человек совершает действие, активируются и когда он наблюдает за действием другого. То же самое справедливо и для дофаминовой системы. Когда один ученик получает пятёрку и слышит похвалу, его одноклассники, наблюдающие за этим, тоже получают малую дозу дофамина. Их мозг «проигрывает» ситуацию успеха, как если бы они сами отвечали правильно. Это явление, которое Альберт Бандура назвал «викарным научением» (обучением через наблюдение), имеет огромное значение для классной динамики. Если учитель создаёт в классе атмосферу, где успех одного празднуется, а ошибка не наказывается, то викарное подкрепление работает на повышение мотивации всего класса. И наоборот: если учитель публично ругает ученика за ошибку, зеркальные нейроны одноклассников проигрывают и это – и страх распространяется по классу как вирус. Поэтому публичное наказание гораздо более разрушительно, чем индивидуальное.

От внешнего подкрепления к внутреннему интересу: нейрохимия любопытства

Дофаминовая система, как мы только что описали, – это механизм внешнего подкрепления. Ученик делает что-то,

чтобы получить награду (пятёрку, похвалу) или избежать наказания (двойки, стыда). Это так называемая экстринсивная (внешняя) мотивация. Она работает, но у неё есть недостатки: когда награда исчезает, исчезает и мотивация. Более того, в некоторых случаях внешнее вознаграждение может даже снизить внутренний интерес к деятельности – этот феномен описан Эдвардом Деси и Ричардом Райаном в их теории самодетерминации. Например, если ребёнок рисовал для удовольствия, а потом ему начали платить за рисунки, он может перестать рисовать для себя – мотивация сместилась на внешнюю награду. В педагогике это означает, что чрезмерное увлечение «пряниками» может убить природную любознательность.

Однако у внешнего подкрепления есть важная роль: оно может быть мостом к внутренней мотивации. Как это работает? Исследование Джаака Панкsepппа, одного из основателей аффективной нейробиологии, показало, что в мозге млекопитающих существует так называемая система поиска (SEEKING system). Это эволюционно древняя система, связанная с вентральной областью покрышки (VTA) и прилежащим ядром – теми же структурами, что и дофаминовое подкрепление. Но в отличие от реакции на конкретную награду, SEEKING-система активируется в ответ на новизну, на потенциально решаемую проблему, на возможность исследовать. Когда животное сталкивается с новой, но не слишком сложной задачей, его SEEKING-система генерирует до-

фаминовый выброс – не в момент получения награды, а в самом процессе исследования. Сама деятельность становится наградой.

Что это означает для педагога? Если удаётся построить учебную задачу так, чтобы она воспринималась мозгом как интересная «загадка» (новизна), решаемая (оптимальный уровень сложности) и безопасная (нет угрозы наказания), то SEEKING-система включается сама собой. Ученик начинает проявлять любопытство, задавать вопросы, искать ответы – без всяких внешних пятёрок. Это состояние Михай Чиксентмихайи назвал «поток» – полная поглощённость деятельностью, потеря чувства времени, слияние действия и сознания. В состоянии потока человек не думает о награде – сама деятельность награждает.

Условия потока хорошо известны и могут быть созданы в классе:

Чёткая цель – ученик понимает, что именно он должен сделать.

Немедленная обратная связь – он видит результат своего действия сразу.

Баланс между сложностью задачи и навыками ученика – задача не должна быть ни слишком лёгкой (тогда скучно, SEEKING-система не активизируется), ни слишком трудной (тогда тревожно, активизируется миндалины и блокирует ПФК).

Именно такой баланс – сложность чуть выше текущего

уровня, но достижимая – создаёт оптимальные условия для обучения. Выдающийся советский психолог Лев Выготский называл это «зоной ближайшего развития»: то, что ученик может сделать с небольшой помощью сегодня, завтра он сможет сделать самостоятельно. Нейробиологически зона ближайшего развития – это диапазон задач, которые активируют SEEKING-систему, но не перегружают ПФК и не активируют миндалину.

Таким образом, химия успеха и неудачи – это не абстрактная теория, а конкретные нейромедиаторы и нейронные цепи, которые учитель может активировать или подавлять своими действиями. Двойка активирует зоны боли и, при хроническом повторении, запускает нейрохимический каскад выученной беспомощности – снижение дофамина и норадреналина, гиперчувствительность миндалины, дегенерацию гиппокампа. Неожиданная похвала и пятёрка запускают дофаминовое подкрепление, цементируя знания и восстанавливая связь между действием и результатом. А создание условий для потока (безопасная среда, баланс сложности, быстрая обратная связь) активирует SEEKING-систему, формируя внутреннюю мотивацию, когда учёба становится самоценной.

В следующей части книги мы перейдём от нейрохимии к поколенческим особенностям современных учеников – к тому, как эволюция восприятия информации от бумеров до альфа меняет требования к учебному процессу. А за-

тем, в третьей части, мы рассмотрим конкретные педагогические инструменты, которые позволяют применять принципы, описанные в этой главе, на каждом уроке.

Часть II. Поколенческий код: кто сидит за партой

Глава 4. От бумеров до Альфа: эволюция восприятия информации

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.