

АКАДЕМИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК  
БИОР УМНЕЙ  
АССОЦИАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ

# НЕЙРОДИДАКТИКА

*Монография*

Под редакцией М.П. Карпенко

Москва  
2019

УДК 37.02.015.3  
ББК 74.02 + 88.6  
Н46

Нейродидактика: Монография / М.П. Карпенко, Д.Г. Давыдов, Е.В. Чмыхова и др.; под ред. М.П. Карпенко. М.: Изд-во СГУ, 2019. 282 с.

Монография посвящена осмыслению первых итогов и научных перспектив применения современной когнитивной нейронауки в интересах обучения. На основе собственных многолетних исследований, авторы предлагают взглянуть на процессы обучения с позиций современного представления о принципах работы мозга, раскрывают возможность и необходимость перехода к новой дидактике, основанной на научных принципах. В работе систематизированы результаты отечественных и зарубежных эмпирических исследований и показано как знание о принципах работы мозга уже сегодня можно применять в образовательной практике. Значительное внимание посвящено поиску новых подходов к обучению взрослых, в том числе, людей старшего возраста. Монография представляет интерес для широкого круга специалистов в области образования, психологов и социальных работников.

УДК 37.02.015.3  
ББК 74.02 + 88.6

ISBN 978-5-8323-1108-1

© Карпенко М.П., Давыдов Д.Г., Чмыхова Е.В.,  
Качалова Л.М., Логинов В.В., 2019  
© Академия компьютерных наук  
© БИОР УМНЕЙ, 2019  
© Ассоциация электронного обучения  
© Издательство СГУ, оформление, 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Предисловие</b> .....                                                              | 5   |
| <b>Глава 1.</b> Когнитивная нейронаука как основа современного образования .....      | 8   |
| 1.1. Развитие мозга, интеллект и образование в современном обществе .....             | 8   |
| 1.2. Наука об обучении становится естественнонаучной дисциплиной .....                | 10  |
| 1.3. Основные направления нейродидактики .....                                        | 20  |
| 1.4. Методы исследования в когнитивной нейрологии ...                                 | 28  |
| Выводы по главе 1 .....                                                               | 36  |
| <b>Глава 2.</b> Как учится мозг .....                                                 | 39  |
| 2.1. Общая структура мозга .....                                                      | 39  |
| 2.2. Функциональная организация обучающегося мозга .                                  | 41  |
| 2.3. Инженерный анализ мозга .....                                                    | 51  |
| 2.4. Обучение и пластичность мозга .....                                              | 53  |
| 2.5. Морфологические показатели изменений мозга в результате обучения .....           | 56  |
| 2.6. Неспецифическая активация мозга в процессе обучения .....                        | 59  |
| Выводы по главе 2 .....                                                               | 63  |
| <b>Глава 3.</b> Когнитивные способности – центральная функция головного мозга .....   | 65  |
| 3.1. Когнитивный треугольник в основании обучения ...                                 | 65  |
| 3.2. Интеллект как центральная когнитивная способность .....                          | 67  |
| 3.3. Внимание и его роль в обучении .....                                             | 84  |
| 3.4. Память .....                                                                     | 90  |
| 3.5. Наследственность, среда и образование как факторы когнитивных способностей ..... | 111 |
| Выводы по главе 3 .....                                                               | 121 |
| <b>Глава 4.</b> Измерение обучаемости и образованности .....                          | 123 |
| 4.1. Измерение интеллекта – трудности классических теорий .....                       | 124 |

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2. Обучаемость и скорость мыслительных процессов .                                            | 136 |
| 4.3. Темп усвоения знаний .                                                                     | 139 |
| 4.4. Психофизиологические критерии образованности .                                             | 151 |
| Выводы по главе 4 .                                                                             | 166 |
| <b>Глава 5. Обучение и динамика когнитивных способностей</b>                                    | 171 |
| 5.1. Взаимосвязь интеллекта и академических достижений .                                        | 171 |
| 5.2. Развитие когнитивных способностей в процессе обучения .                                    | 179 |
| 5.3. Лонгитюдное исследование динамики интеллектуальных способностей студентов вуза .           | 182 |
| 5.4. Распределение и популяционная динамика интеллектуальных ресурсов .                         | 190 |
| Выводы по главе 5 .                                                                             | 208 |
| <b>Глава 6. Возрастные изменения мозга и обучение взрослых</b>                                  | 211 |
| 6.1. Эмпирические исследования уровня интеллекта населения России в разных возрастных группах . | 211 |
| 6.2. Темп усвоения знаний и возраст .                                                           | 217 |
| 6.3. Зрелый мозг способен к эффективному обучению .                                             | 223 |
| 6.4. Проблемы и преимущества третьего возраста .                                                | 234 |
| Выводы по главе 6 .                                                                             | 244 |
| <b>Заключение</b>                                                                               | 247 |
| <b>Глоссарий</b>                                                                                | 253 |
| <b>Приложение.</b>                                                                              | 258 |
| <b>Литература.</b>                                                                              | 262 |

## Предисловие

История человечества – это не только череда войн, развитие технологий и культуры. Это еще и развитие мозга, и связанное с ним когнитивное развитие. На сегодняшний день этот аспект человеческой истории становится особенно важным. XXI век в целом – век неопределенности, многомерности, коллективного разума, космического сознания, социальных и интеллектуальных сетей – требует когнитивно сложного мышления. Если раньше общественно значимой ценностью были ресурсы, затем информация, то в настоящее время информация уже не является единственным двигателем прогресса. Информации теперь такое количество, что на самом деле все равно, есть она или нет. И на уровне отдельных индивидов, и на уровне популяции все более востребованными ресурсам, обеспечивающими личное и общественное благополучие, являются когнитивные способности.

Все это бросает вызовы современному образованию, требует развития и даже коренного преобразования дидактики. Построение новой дидактики, основанной на научных принципах, поиск новых идей и ресурсов заставляет обратиться к новейшим данным о мозге человека и изучить возможности их практического применения в образовании. Обучение является функцией мозга, и все учебные действия имеют свое основание в когнитивных процессах: запоминаем ли мы новую информацию или припоминаем ранее полученные знания, сосредоточиваем внимание на тех или иных аспектах получаемой информации, осмысливаем или формируем собственные

выводы. Соответственно, изучение когнитивной индивидуальности человека должно являться основой для построения дидактических систем. Хотя педагогическая мысль начиная с середины XIX в. всегда отмечала мозг как материальную основу обучения, дальше декларации естественнонаучных основ педагогики дело не шло.

На сегодняшний день мы наблюдаем интенсивное развитие науки о познавательной деятельности мозга – когнитивной нейронауки. Практически каждый день приходят вести из лабораторий и исследовательских центров всего мира о новых открытиях в этой области. Благодаря новым методам исследования, таким, например, как магнитно-резонансная томография, перед исследователями открываются возможности, о которых лет двадцать назад можно было прочесть только в книгах в жанре фантастики. Помимо физиологов, огромный вклад в понимание механизмов работы обучающегося мозга вносят лингвисты, психологи, математики и педагоги.

Описанные в настоящей монографии исследования свидетельствуют о том, что наконец-то нейронаука от занимательных, но малоприменимых наблюдений стала переходить к решению насущных задач образования. И, более того, она не просто помогает найти ответы на застарелые вопросы и улучшить дидактические технологии, а нередко коренным образом меняет дидактические подходы, ниспровергает авторитеты и ставит новые, неожиданные для традиционной дидактики вопросы.

Обучая, мы воздействуем на мозг, а значит, меняем его. Что же происходит с мозгом, когда человек обучается? Что происходит при запоминании имен, дат, научных терминов? Как меняется мозг при обучении навыкам, таким как чтение или счет? Чем объясняется разная способность к обучению? Как обучается молодой мозг и как обучается мозг зрелый? Конечно, современная нейронаука пока еще далека от исчерпывающих ответов на подобные вопросы. Большинство ди-

дактических приемов до сих пор скорее интуитивны, зависят от личного опыта, обстоятельств, часто применяются наугад, методом проб и ошибок. Вместе с тем очевидно, что дидактику как теорию обучения уже сейчас следует строить с учетом сведений о структуре и функциях мозга, особенно с опорой на научные открытия, объясняющие феномены обучения и памяти. В XXI в. использование достижений нейронаук в области обучения становится одним из факторов, обеспечивающих успех новых дидактик как образовательных технологий. Цель настоящей книги – дать специалистам в сфере образования современные сведения о принципах работы мозга, которые на сегодняшний день уже можно применять в практике обучения.

# **ГЛАВА 1. КОГНИТИВНАЯ НЕЙРОНАУКА КАК ОСНОВА СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Образование не приготовление к жизни;  
образование – сама жизнь.

*Джон Дьюи*

## **1.1. Развитие мозга, интеллект и образование в современном обществе**

Факты человеческой истории убедительно показывают, что развитие мозга и обучение – процессы взаимосвязанные и взаимообусловленные. Первые двуногие существа – австралопитеки – жили от 7 до 1 млн лет назад и имели мозг, мало отличавшийся от мозга человекообразных обезьян. Одновременно с австралопитеками в Южной и Восточной Африке обитали «ранние Номо», имевшие более крупный мозг, из среды которых и вышли наши непосредственные предки. Ранние Номо были первыми создателями каменных орудий и первыми регулярными охотниками, что предполагало усложнение коммуникации между индивидами. Ранних Номо сменили Номо erectus, существовавшие до 400 тыс. лет назад. Мы можем судить о строении их мозга по косвенным признакам – объему и форме обнаруженных ископаемых черепов. Это были первые гоминиды, у которых специфически обезьяньи признаки мозга окончательно были вытеснены специфически гоминидными. Объем мозга у Номо erectus часто достигал значений со-

временного человека, и, судя по антропологическим исследованиям, у него были способности к сложной коммуникации, контролю эмоций и довольно большая память.

Далее по эволюционной лестнице отмечается рост теменных долей, которые у современного человека отвечают за мышление, зоны речи и координацию движений. Очевидно, развитие языка кардинально изменило ландшафт мозга, приспособив под свои нужды его обширные участки, ранее использовавшиеся для движения и сенсорного восприятия. Одним из результатов этих изменений стала асимметрия, отличающая мозг человека от мозга любого другого животного. Неандертальцы, которые жили от 130 тыс. примерно до 40 тыс. лет назад, имели мозг, позволяющий им лучше учиться, чтобы выживать в суровых условиях ледникового периода, коллективно охотиться, делать одежду и строить жилища. Впрочем, архитектура мозга неандертальцев еще мало напоминала мозг современного человека: имела большее развитие подкорковых центров подсознательного контроля за эмоциями и памятью при меньшей значимости центров, отвечающих за сознание. Около 40 тыс. лет назад появляется и получает широкое распространение современный вид человека – *Homo sapiens*. В целом антропологи отмечают, что наиболее активно эволюционирующей областью мозга гоминид была лобная, которая у современного человека отвечает в основном за мышление, сознание, способность общаться с другими людьми [25]. Интересно, что в период от 27–25 до 10 тыс. лет назад тенденции развития мозга сменились на противоположные: в конце раннего верхнего палеолита объем мозга, который до того времени всегда только увеличивался, стал уменьшаться [25, с. 257–258]. Так, очевидно, закончился экстенсивный путь развития мозга, и большую роль стала играть не масса нейронов, а структурная и функциональная организация мозга. Теперь уже не естественный отбор становился фактором развития мозга, а обучение как система тренировки мозговых функций.

## **1.2. Наука об обучении становится естественнонаучной дисциплиной**

Длительное время общепринятой была точка зрения Р. Декарта о том, что психика и мозг независимы друг от друга как две принципиально разные субстанции. Позднее, со времен В. Вундта и вплоть до второй половины XX в., считалось, что нейрофизиология может быть полезной только при изучении простейших сенсорных и перцептивных процессов. Прошло несколько десятков лет, и мозговые корреляты стало возможным обнаруживать даже для очень сложных психических процессов, составляющих основу обучения.

Исследование мозга часто называют главной задачей XXI века. Когнитивная нейронаука переживает период стремительного развития, обусловленного новейшими открытиями в области генетики, физики, психофармакологии, а также разработкой новых методов исследования и визуализации мозга. В последние десятилетия выполнено множество исследований конкретных механизмов познавательной деятельности человека, сформировалось целое направление – когнитивные науки, что, несомненно, отразило возрастающее влияние когнитивной деятельности на развитие общества. В январе 2013 г. Европейский союз объявил о выделении 1 млрд евро на проект «Человеческий мозг». В феврале того же года президент США Б. Обама, сославшись на заявление Института имени Баттелла о том, что каждый доллар, потраченный на проект «Геном человека», принес американской экономике 140 долл., поддержал конкурирующий с европейским проект «Карта деятельности мозга» («Brain Action Map») с бюджетом 3 млрд долл. [199].

Если в начале 2000-х гг. в работе М. Коула прозвучала мысль о том, что приоритетным направлением когнитивной науки станут исследования на стыке теории информации и культурной антропологии [129], то менее чем десятилетие спустя в качестве такого приоритетного направления стал

обсуждаться синтез антропологии и нейронауки [134, 184]. Появилось новое представление о функциональных возможностях мозга: исследователи обнаружили, что мозг намного более изменчив и пластичен, чем предполагалось ранее. Даже в зрелом возрасте происходит его самообновление – факт, разрушающий классический миф о том, что «нервные клетки не восстанавливаются».

На рубеже XXI в. завершилась провозглашенная в США «Декада мозга»: десятилетний период интенсивных международных исследований позволил по-новому взглянуть на некоторые механизмы мозга и способы повышения его работоспособности [195]. В то же время стартовал международный проект «Мозг и обучение» [217]. Главная его цель – сделать нейронауку доступной для специалистов в сфере образования. Проект объединяет ученых многих стран мира и позволяет обмениваться самыми современными сведениями о нейронных механизмах обучения, в том числе в раннем и в пожилом возрасте [216].

Опора на знание механизмов работы мозга в официальной педагогике XX в. всегда постулировалась, но редко использовалась на практике. К сожалению, организаторам обучения до сих пор приходилось довольствоваться представлениями, изложенными в педагогической литературе, которые упрощенно и искаженно, с использованием популярных «нейромифов», освещали суть нейрофизиологических данных [51].

Действительную основу дидактики, лежащей в основе существующих образовательных систем, составляют накопление, сравнение и рефлексия педагогического опыта, полученного методом проб и ошибок. Так называемые «принципы обучения» представляют собой наборы эмпирических правил, кочующих из учебника в учебник. Столетия суть образовательных инноваций остается неизменной: неудовлетворенные наличной системой образования педагоги и администраторы вносят изменения, руководствуясь какими-либо аргументами

(экономическими либо организационными, а часто и соображениями здравого смысла), а потом наблюдают, насколько получающийся результат соответствует их ожиданиям. Может показаться удивительным, но в опубликованных результатах педагогических исследований эти ожидания обычно «подтверждаются» (впрочем, искусство так наладить эксперимент, чтобы подтвердить любую гипотезу, свойственно не только педагогической науке). Знакомство с обзорами диссертаций по педагогике вызывает вопрос: как при таком обилии «эффективных» дидактических технологий в мире еще остается некачественное обучение?

Дидактика прошлого росла в рамках существующих культурных институтов, нередко копируя их. Так, сакрализованная фигура учителя воплотила в себе и мифологический образ отца, и роль религиозного наставника (гуру), и социальную роль начальника. Наблюдение, показывающее, что в реальной (внешкольной) жизни люди обычно учатся у подобных себе сверстников, игнорировалось образованием до конца XX в. Сегодня мы задаем себе вопрос: возможно, модель обучения в классе это «не дружественная мозгу» модель? [217].

Педагогические инновации, основанные на системном понимании процессов познания, можно пересчитать по пальцам (можно упомянуть, в частности, систему Д.Б. Эльконина и В.В. Давыдова). Но и они имеют ограничение: применяемые дидактические техники выверяются по абстрактным теоретическим схемам (что требует развитых навыков педагогической казуистики) либо опять-таки соотносятся с субъективной интерпретацией педагогического опыта.

Мысль обратиться за идеями для построения дидактических технологий и для проверки их эффективности непосредственно к познавательным процессам не нова, ее истоки можно обнаружить уже в работах советских ученых Л.С. Выготского и А.Р. Лурии. Однако сила педагогической инерции, с одной стороны, и ограниченность исследовательских возможностей

при дороговизне и скудности результатов, с другой, оставляли это направление горсткам энтузиастов, трудившихся в лабораториях. Современное развитие технологий исследования открыло перспективы в интеграции науки о мозге и педагогики. Все больше нейроисследователей заявляют о необходимости выйти из темных звукоизолирующих лабораторных комнат в аудитории и коридоры школы и университета.

Новые открытия когнитивной нейрологии заставляют сомневаться в некоторых фундаментальных блоках традиционного обучения, таких как школа, класс, учитель (в сегодняшнем понимании этой профессии), стабильная программа обучения, или таких концептов, как интеллект или способность [217].

Накопление знаний об изменении структуры и функций обучающегося мозга приводит к формированию новой научной области – нейродидактики. Сам термин «нейродидактика» встречается в разных публикациях начиная с 1980 г. Авторство этого термина установить достаточно сложно, так как способы такого словообразования широко распространены во внеучебной среде и активно применяются в СМИ и популярных изданиях. К сожалению, использование этого термина обычно связано с простым перечислением некоторых фактов из когнитивных исследований, которые потенциально могли бы быть полезными в образовании. Вместе с тем по итогам выполненных в США исследований можно назвать идеи и факты, уже на сегодняшний день активно применяемые в образовательном процессе, и наметить дальнейшие направления развития нейродидактики [34].

За последние 15 лет большинство ведущих университетов мира обзавелись центрами или институтами когнитивных нейроисследований, создаются рабочие группы и реализуются межфакультетские проекты. Россия в лице США также включилась в эту важную работу по поиску подходов, позволяющих проектировать образовательные технологии на основе современных знаний о структуре и функциях в конце прошлого

столетия. В 2001 г. в СГА создана специализированная научная структура – Институт когнитивной нейрологии (ИКН), реализующий новое направление нейронауки: если современные знания о мозге в гораздо большей степени отвечают на вопрос «как лечить», то задача когнитивной нейрологии – изучать мозг для того, чтобы понять «как учить» [34].

Поставленная перед ИКН задача требовала реализации широкого спектра исследований – от молекулярно-генетических до системно-информационных. Опираясь лишь на собственные финансовые возможности, СГА не могла конкурировать с европейскими и североамериканскими научными программами, финансируемыми крупными научными фондами. Поэтому исследовательские проекты СГА строились на взаимодействии с ведущими российскими и мировыми специалистами нейронаук. Исследователи СГА были включены в международные исследовательские проекты, например, такой как Brain based learning. Ряд научных проектов осуществлялся в сотрудничестве с ведущими научными учреждениями – Институтом мозга человека РАН, ГНИЦ профилактической медицины РАМН, биологическим факультетом МГУ, Институтом психологии РАН, Институтом нейрокибернетики Ростовского государственного университета. Основные направления научных исследований ИКН СГА представлены на рис. 1.1.

Наиболее крупные исследовательские проекты, реализованные в СГА в 2001–2018 гг., приведены в табл. 1.1. Указанные исследования будут служить иллюстрацией к дальнейшему изложению принципов организации мозга, модели когнитивных функций и прикладных аспектов нейродидактики.

Основные результаты проведенных в СГА исследований представлены в монографиях и на научных конференциях (табл. 1.2). Среди прочего итогом исследований стала разработка научно-технических обоснований для проектирования пилотных интеллектуальных роботов, включенных в учебный процесс с 2011 г.

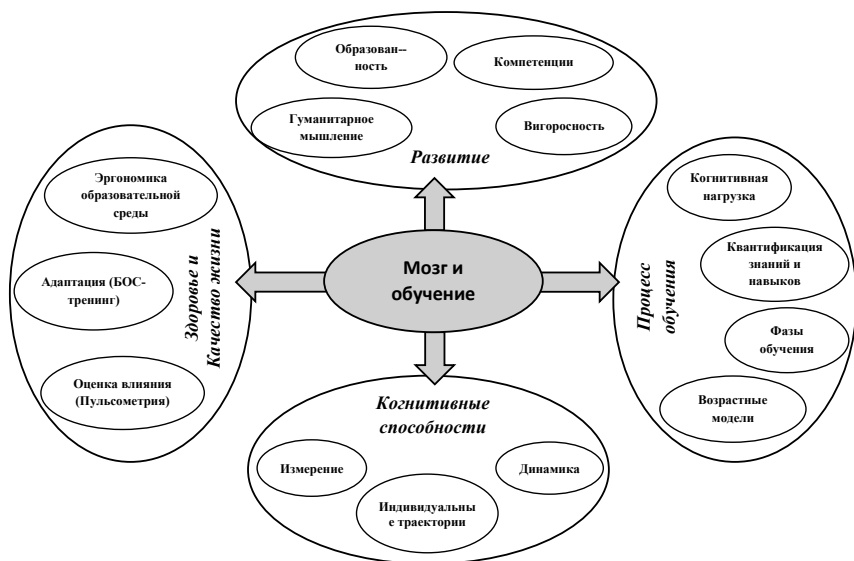


Рис. 1.1. Ориентация научных исследований ИКН СГА

Таблица 1.1

### Когнитивные нейроисследования в образовании (СГА, 2001–2018 гг.)

| Направление исследований        | Основные темы исследований                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Когнитивные процессы в обучении | <p>Нейрологические механизмы памяти и внимания</p> <p>Нейросетевое моделирование когнитивных функций мозга</p> <p>Дифференциация когнитивно-специфических состояний внимания на основе характеристик ЭЭГ</p> <p>Объективные критерии оценки внимания и утомления в мультимедийной обучающей среде</p> <p>Возрастные особенности когнитивных процессов при обучении</p> <p>Математическое моделирование перестройки нейронной сети мозга при старении</p> |

Таблица 1.1. Продолжение

| Направление исследований                                    | Основные темы исследований                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                             | Индивидуальные биометрические маркеры идентификации и типологизации личности пользователя                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Когнитивные способности студентов                           | <p>Нейрофизиологические корреляты когнитивных способностей</p> <p>Разработка и валидизация тестов когнитивных способностей (ТУЗ, ТОК, СПМ Равена)</p> <p>Типологизация студентов (таксоны обучаемости)</p> <p>Социальные факторы развития когнитивных способностей</p> <p>Динамика когнитивных способностей в ходе обучения</p> <p>Связь когнитивных способностей с демографическими, социальными и макроэкономическими явлениями</p> <p>Связь когнитивных способностей с показателями академической успеваемости (ЕГЭ)</p> <p>Скорость чтения лицами с разным уровнем образования, на разных языках</p> <p>Вклад когнитивных факторов в отчисляемость студентов</p> <p>Прогноз успешности обучения на базе нейросетевых технологий</p> |
| Психофизиологическое моделирование процесса усвоения знаний | <p>Математическое моделирование процесса приобретения, использования и потери знаний и умений в течение жизненного цикла человека</p> <p>Психофизиологическое обоснование алгоритмов учебных занятий</p> <p>Методология квантификации учебной информации в учебных продуктах</p> <p>Разработка фазовой модели усвоения знаний</p> <p>Балансовый метод как основа организации индивидуальной образовательной траектории</p> <p>Модель обучения в разных возрастных группах</p> <p>Моделирование индивидуально-урочного обучения школьников на дому</p>                                                                                                                                                                                   |

Таблица 1.1. Продолжение

| Направление исследований                                             | Основные темы исследований                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Эргономика и оценка эффективности мультимедийных обучающих продуктов | Производительность различных видов занятий<br>Электроэнцефалографические характеристики внимания и вегетативной нервной системы при восприятии статической и динамической зрительной информации                                                                                                                                                                                                               |
| Формирование профессионального гуманитарного мышления                | Разработка метода массового тестирования сформированности профессионального мышления<br>Сравнение особенностей гуманитарного и технического мышления<br>Оптимизация дидактики для гуманитарных направлений обучения                                                                                                                                                                                           |
| Объективные показатели образованности                                | Квантификация учебной информации, расчет объема получаемых знаний и навыков<br>Модель классификации компетенций высшего образования на основе развития когнитивных функций<br>Когнитивная тренировка как средство развития возможностей мозга человека<br>Вызванные потенциалы как маркер тренированности мозга (Индекс функциональной образованности)<br>Объем учебной работы как критерий образованности    |
| Когнитивная нагрузка                                                 | Способы измерения когнитивной нагрузки<br>Алгоритм расчета учебной нагрузки по фазам обучения<br>Оценка когнитивной сложности научно-учебного текста                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Когнитивные процессы, здоровье и субъективное благополучие студентов | Комплексная оценка качества жизни студентов «Шкалы качества жизни (LQS)»<br>Факторы субъективного благополучия студентов<br>Мониторинг здоровья студентов по показателям вариационной пульсометрии<br>Влияние современных информационно-компьютерных технологий на здоровье обучаемых<br>Обучение в ходе длительных космических полетов как фактор сохранения здоровья и когнитивных способностей космонавтов |

Таблица 1.1. Окончание

| Направление исследований                                                                         | Основные темы исследований                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Поисковая активность и вигоросность студентов вуза                                               | Психофизиологические маркеры вигоросности<br>Психометрическая проверка и модернизация методики «Опросник поведенческих установок и поисковой активности "BASE"»<br>Разработка индивидуальных образовательных траекторий на основе оценки поведенческих установок                                        |
| Технологии биологической обратной связи в обучении                                               | Тренинги пластичности мозга в учебном процессе<br>БОС- тренинги для оптимального функционирования и реабилитации лиц с хроническим психоэмоциональным стрессом<br>Внедрение игрового биоуправления в учебный процесс<br>Применение БОС-тренингов оптимального функционирования в экстремальных условиях |
| Нейрологические основы социального взаимодействия в виртуальной коллегияльной среде университета | Взаимная оценка студентов как метод аттестации в современном вузе<br>Социальные сети в образовательной технологии университета                                                                                                                                                                          |

Исследовательский коллектив СГА отдает себе отчет в том, что открытий в области исследований мозга, которые удавалось использовать в практике обучения, пока мало. Но в последнее время появились яркие примеры использования открытий нейронауки в интересах образования. Так, новые данные о пластичности мозга и открытие нейрогенеза (восстановления нервных клеток в зрелом возрасте) подтверждают, что человек способен обучаться в течение всей жизни. Такая позиция имеет далеко идущие последствия, поскольку позволяет не только дополнить алгоритм наращивания «человеческого капитала», но и предложить оригинальное решение демографической проблемы старения населения развитых стран.

Таблица 1.2

**Сведения о монографиях и тематических научных конференциях, посвященных итогам исследований СГА в области когнитивной нейрологии**

| <b>Год</b> | <b>Название конференций и монографий</b>                                                                                                                                                                                                             |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2002       | Междисциплинарная научно-практическая конференция «Когнитивные процессы и обучение»                                                                                                                                                                  |
| 2003       | Междисциплинарная научно-практическая конференция «Психология обучения и экология образовательной среды»                                                                                                                                             |
| 2004       | Междисциплинарная научно-практическая конференция «Индивидуальность и обучение»                                                                                                                                                                      |
| 2005       | Междисциплинарная научно-практическая конференция «Непрерывное образование: психологические, физиологические и социологические аспекты»                                                                                                              |
| 2006       | Междисциплинарная научно-практическая конференция «Интеллектуальный потенциал российского общества: состояние и актуальные проблемы исследования»                                                                                                    |
| 2007       | Междисциплинарные научно-практические конференции «Пассионарная энергия и этнос в развитой цивилизации», «Дизайн-эргономика в современной образовательной среде»                                                                                     |
| 2008       | Междисциплинарные научно-практические конференции «Интеллект: динамические, структурные и индивидуальные факторы, влияющие на процесс обучения», «Третий возраст: старшее поколение в современной информационной среде»<br>Монография «Телеобучение» |
| 2009       | Междисциплинарная научно-практическая конференция «Человек в современном образовательном пространстве»<br>Монография «Когномика»                                                                                                                     |
| 2011       | Монография «Вигоросность и инновации (человеческий фактор как основа модернизации)»                                                                                                                                                                  |
| 2012       | Монография «Модульный подход в практике профессионального образования»                                                                                                                                                                               |
| 2015       | Монографии «E-learning – обучение в сети Интернет», «Беседы о высшем образовании»                                                                                                                                                                    |
| 2016       | Монография «Когномика». 2-е изд.                                                                                                                                                                                                                     |

Для развития нейроисследований обучения важную роль играют доступные научные методы. К сожалению, многие из существующих методов нейронауки применяются для фундаментальных проектов и труднодоступны исследователям из таких прикладных сфер, как образование. Связано это, прежде всего, с дороговизной и сложностью и громоздкостью многих видов научного оборудования, что не позволяет применять его в реальном образовательном процессе. Вместе с тем существуют и методы, вполне применимые в исследованиях нейрооснов обучения и позволяющие уже получить на сегодняшний день выводы, применимые для развития образовательных технологий.

### **1.3. Основные направления нейродидактики**

Один из значимых результатов нейродидактики, полученный в ходе экспериментальных исследований ИКН СГА, состоит в описании того, насколько процесс и итог учебной деятельности зависят от индивидуального уровня неспецифической активации мозга. Другой пример связан с обучением взрослых студентов. Выявлено, что общепринятая модель «полного усвоения» нуждается в поправках, поскольку есть лица, не способные к полному усвоению. Неспособность к полному усвоению – результат дисфункции активирующих систем мозга. В старших возрастных группах (после 40 лет) это явление встречается чаще. При дисфункции активирующих систем страдает субъективная оценка времени и обучение проходит на фоне стресса, вызванного субъективным чувством нехватки времени. Соответственно, в методиках обучения лиц старших возрастных групп, наиболее подверженных дисфункциям активирующих систем, должны максимально использоваться тренировочные попытки, предшествующие зачетному тестированию [36, с. 59–75].

Некоторые исследования пока еще не могут быть применены непосредственно на практике, но служат основанием для

дальнейшего понимания учебной деятельности. Например, в совместном исследовании СГА и лаборатории академика Н.П. Бехтеревой (Институт мозга человека РАН) найден нейрофизиологический маркер процесса извлечения информации из памяти – высокочастотная электрическая активность мозга. Кроме того, выявлено, что при извлечении информации из памяти разные области коры работают более синхронно, чем при ее запоминании [23]. Это позволяет в перспективе перейти к созданию систем объективного мониторинга когнитивной деятельности обучаемого и обратной связи в ходе образовательного процесса.

В современных исследованиях проявляются очертания основных направлений нейродидактики [88]. Прежде всего, это *концептуальное проектирование образовательной технологии* для заданного уровня образования и разработка принципов проектирования современной образовательной среды. Актуальными для практики обучения остаются теоретические модели: «Гипотетическая модель когнитивной функции мозга» [36, с. 102–107], «Модель пофазового усвоения знаний» [Там же, с. 108–114], разработанные под руководством профессора М.П. Карпенко и позволяющие связать данные нейронауки и принципы построения учебного процесса, рассчитать дидактические приемы. Важным остается принцип Brain Based Learning (обучение, основанное на законах функционирования мозга человека), предполагающий проектирование образовательной технологии с учетом новейших данных о мозге человека.

Второе направление нейродидактики связано с *диагностикой исходного уровня, стилей обучения и динамики образовательных достижений*. Учет когнитивной индивидуальности обучаемого позволяет обеспечить тьюнинг образовательной среды (тонкой настройки для конкретного обучаемого). Вопрос об индивидуализации обучения сопряжен и с вопросом профессиональной ориентации, а в необходимых случаях и профот-

бора. Несомненно, это острая проблема для отечественной вузовской практики, поскольку именно здесь ощущается нехватка объективных параметров для оценивания [21]. Однако уже на сегодняшний день представляется возможным оценивать развитие зон мозга, отвечающих за способность к тонкой рутинной работе или к активному поиску в нестандартных ситуациях, за восприятие человеческих лиц, за организацию общения или пространственную ориентацию. Конечно, в такой оценке профессиональных перспектив следует соблюдать осторожность. Но положительный эффект от нейродидактического моделирования карьеры во многих случаях скажется не только на удовлетворенности выпускника своей профессией или его личной успешностью. Трудно переоценить значимость такой диагностики, например, в обеспечении аварийности операторских профессий. Известно, например, что значительная часть курсантов летных училищ отчисляются на третьем курсе: именно в это время начинается летная практика, и у многих ребят, успешно учившихся два года, выявляется непригодность к управлению самолетом. Содержание летных способностей, несмотря на огромное количество имеющихся в мире публикаций, до сих пор остается расплывчатым и неконкретным [31]. Если раньше выявить такие особенности обучаемого было трудно, то теперь возможно применить процедуру функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ), которая даст надежный прогноз успешности.

Следующим направлением нейродидактики является *обеспечение обратной связи на основе нейромаркеров* как элемент дидактических технологий. Оценка эффективности занятий (в частности, уровня внимания и удовлетворенности) становится возможной в режиме реального времени. На каком этапе мыслительной деятельности ученик совершает ошибку? В какой момент он наконец-то находит оптимальный путь решения задачи? Как поймать момент «ага-эффекта»? Сейчас ответить на эти вопросы может только педагог с огромным

опытом и располагающий временем для индивидуальной работы. Технологии нейродидактической диагностики позволяют объективно зафиксировать и даже визуально представить эти эффекты для педагога. Помимо быстроты важным преимуществом такой обратной связи является ее объективность, независимость от социокультурных клише.

Важное направление исследований и практической работы – *организация оздоравливающего учебного процесса*. Каждому студенту должно быть обеспечено обучение в режиме оптимального функционирования, не только безопасное для здоровья, но и дающее по возможности оздоровительный эффект [48]. Прежде всего осуществляется разработка и внедрение дизайн-эргономических требований к образовательной среде, основанных на непосредственном изучении когнитивной деятельности обучаемого [44], что включает в себя предварительную оценку учебных продуктов на предмет уровня когнитивной нагрузки, доступности для конкретных категорий обучающихся [69] и методы снижения экзаменационной тревожности [12]. Кроме того, необходим постоянный мониторинг как по объективным, основанным на психофизиологических параметрах [20], так и по субъективным параметрам [89] функционального благополучия и качества жизни студентов.

*Разработка методов объективной диагностики образованности* представляется задачей на грани реальности и научной фантастики. В то же время это одна из актуальнейших задач нейродидактики – найти новые критерии оценки эффективности образования. Столетиями в качестве таких критериев служили знания, наличие которых измерялось как объем запомненного материала. Но, как отмечает М. Каку, учеба уже в ближайшем будущем не будет базироваться на запоминании [18]. Знания, бывшие священной коровой образования, стремительно утрачивают свою ценность и превращаются в дополнительные или промежуточные цели образования. Эта

трагедия традиционной дидактики хорошо заметна в быстрой смене поколений государственных образовательных стандартов.

Компетенции, вызывающие в настоящее время много споров, полнее соответствуют запросам общества к образованию, однако их применение в качестве критериев-результатов образования ограничено простой проблемой. Приходится либо выделять множество drobных компетенций, полно описывающих требования к конкретной должности, но моментально устаревающих, либо сводить их к ограниченному набору универсальных метакомпетенций, диагностировать развитие которых современное образование пока не умеет.

Факт того, что более 80% выпускников вузов работают не по специальности, приводит к мысли, что узкие профессиональные компетенции (*hard skills*) не являются главной ценностью образования. Помимо формирования уверенности в себе, главными результатами образования становятся умение решать разные задачи, эффективно воспринимать и перерабатывать информацию, умение учиться в широком смысле [59]. Так или иначе это связано с качествами когнитивной сферы. Закономерным становится вопрос: если образование ведет к развитию мозга, то должны быть какие-то объективно фиксируемые следы такого развития? Задача, иными словами, заключается в необходимости найти, чем образованный мозг отличается от необразованного.

*Стимуляция и тренинг когнитивных и регулятивных функций* – перспективное, но пока еще малоисследованное направление. Наиболее освоенными являются тренинги на основе биологической обратной связи (БОС), например, тренинги развития навыков регуляции общего уровня активации, управления вниманием и памятью. Другим часто декларируемым направлением является когнитивное обогащение среды. Какой должна быть оптимальная среда обучения и как она влияет на обучающийся мозг? Известно, что высшее образование ком-

пенсирует возрастные ухудшения когнитивных функций [94]. Поскольку синаптические соединения формируются в течение всей жизни, рост синаптических контактов во многом зависит от информационной насыщенности среды. Но означает ли это, что «чем больше синапсов – тем лучше?» Пока еще не получено прямых доказательств, что способность к обучению как-то зависит от плотности синапсов в ткани мозга. Мало того, есть данные, что на определенном этапе обучения происходит «редактирование» нейросети, а именно удаление «избыточных» синаптических контактов (Карпенко, 2008).

Особое направление – *обучение систем искусственного интеллекта*. Прежде всего, это касается проектирования интеллектуальных роботов, заменяющих сложные, но рутинные когнитивные функции высокопрофессиональных преподавателей [88]. Уже сегодня мы способны внедрять в обучение устройства нового типа, основанные на принципах Brain-Interface, позволяющие управлять персональной образовательной средой «силой мысли». В ближайшей перспективе начинить учебники искусственным интеллектом, и они смогут подбирать образовательные материалы – фото, тексты, видео, задания, схемы под потребности каждого конкретного ученика вне зависимости от того, сколько ему лет – шесть или шестьдесят [18]. Импульс использованию в образовании нейроданных придает и стремительное развитие технологий больших данных. То, что раньше казалось невозможным, на сегодняшний день вполне серьезно обсуждается специалистами по Data Science. Так, в ближайшее время возможным окажется обработка данных о движении мыши, движении взгляда обучаемого по экрану, позе обучаемого [82, с. 51].

*Обучение взрослых.* Закономерности обучения, лежащие в основе текущей дидактики, выявлены в наблюдениях за молодым, развивающимся мозгом. Можно ли перенести эти закономерности на зрелый мозг? Может ли вообще эффективно обучаться мозг взрослого человека? Новые открытия по пла-

стичности мозга, говорящие о том, что человек способен обучаться новому на протяжении всей жизни [217], поддерживают образовательные стратегии обучения взрослых. Что происходит с мозгом при естественном старении? Принято считать, что с возрастом мозг несет неизбежные потери нейронов, межнейронных связей, снижается скорость мыслительных операций. Но никто еще не ставил вопрос о возрастных приобретениях мозга, во всяком случае трудно оспаривать преимущества, которые дает человеку богатый жизненный опыт. Поэтому морфологам и физиологам стоит обратить внимание на возрастные перестройки мозга, и не только для оценки последствий нейродегенеративных заболеваний.

Очень важно понять природу переучивания, особенно в контексте проблем последиplomного образования и обучения старших возрастных групп. Переучивание – это разрушение устоявшихся нейронных сетей. Надо ли доводить это разрушение «до основания» либо можно воспользоваться фрагментами старых межнейронных объединений? Где следует остановиться?

Необходимо продолжить исследования *индивидуальных и типологических различий в организации мозга*. Чем различается мозг мужчины и женщины? Только ли социокультурными стереотипами было обусловлено раздельное обучение мальчиков и девочек? Высшее образование и наука столетиями строились применительно к мужскому мозгу. В частности, принципиальной научной позицией считается глубокая фиксация на одном аспекте (предмете исследования) и последовательный анализ явления, что удивительным образом напоминает особенности обработки информации мужчинами. На сегодняшний день, когда в университетах России обучается женщин больше, чем мужчин, имеет право на существование и «женский» анализ, включающий более широкий контекст и параллельную обработку информации.

Другой вопрос: чем различается мозг людей разных рас и разных культурных групп? Обычно поиск подобных различий

автоматически сводится к дискуссии «кто умней и способней». Так, известны исследования, объясняющие данные о различии в вычислительных способностях и креативности представителей восточных и западных культур. Наверное, стоит начать с признания, что различия – это не повод к соревнованию, а отработанный эволюцией инструмент адаптации, которым надо уметь пользоваться. И именно для этого нужно их изучать.

Ждет исследований проблема *эмоционально-мотивационного компонента обучения*. Эмоциональный контекст обучения – это не только «приятный фон», на котором преподносятся знания, это мощный вход управления во взаимодействие двух основополагающих систем: когнитивного и эмотивного мозга. Необходимы исследования, которые позволят найти «инструмент дозирования» эмоций в учебном процессе. Кроме того, почему только приятные эмоции? Ведь известно, что негативный эмоциональный фон способен создать практически нестираемый след в памяти. Таким образом, решение и такой проблемы способно обогатить практику обучения – насколько, безусловно, позволит этическая сторона вопроса.

Другое важное направление – *понять мотивацию обучения*. Например, что в обучении интересует, вызывает скуку или отталкивает [217]. Данные современной нейронауки подтверждают фундаментальную любознательность мозга: мозг побуждает сам себя искать новые стимулы и собирать информацию. Сам поиск информации является для мозга наградой [118]. В современной практике обучения иногда создаются такие условия, когда для любознательного мозга учиться тяжело и неинтересно. Парадоксально, как традиционная дидактика умудрилась превратить мозг в орган как орган, который надо «заставлять работать».

Еще одно перспективное направление – *учет закономерностей сна*. Влияние сна на обучение и память – один из интригующих аспектов нейробиологии XXI в. [47]. Дело в том, что с точки зрения мозговой деятельности, обучение не заканчива-

ется, когда ученик покинул класс, закрыл книгу или выключил компьютер. Обработка информации, усвоение знаний и формирование новых продолжается круглосуточно. Сон, как явствует из современных исследований, является очень важной частью учебного процесса, именно здесь происходит сортировка и интеграция информации [67]. С качеством сна, очевидно, связана эффективность обучения. Мы совсем не контролируем эту часть обучения, если не учитывать широко известные советы студентам «выспаться перед экзаменом». Возможно ли обучение во сне? Можно ли улучшить обучение чему-либо, воздействуя на сон, следующий после сеанса обучения? На сегодняшний день мы можем использовать малогабаритные датчики (фитнес-браслеты) для анализа качества сна. Возможно, в будущем научимся корректировать обучение по измерениям параметров сна.

Конечно, это неисчерпывающий список проблем. Анализируя потребности сферы образования, можно найти проблемы, которые еще долго (а может быть, и никогда) не были бы сформулированы в нейронауке, останься она только медико-биологической дисциплиной. Совершенно очевидно, что нейрологи и специалисты образования должны поддерживать диалог, искать общий и понятный для обеих сторон язык, совместно проверять гипотезы и утверждения. Именно в этом случае можно надеяться, что будут разгаданы тайны мозга, прояснится природа памяти и интеллекта и дидактика получит надежную научную основу.

#### **1.4. Методы исследования в когнитивной нейрологии**

Человеческий мозг долгое время скрывал свои секреты. До появления современных методов исследования о психических процессах, составляющих основу обучения (память, внимание, мышление), можно было судить только по внешним проявлениям. Нейронаука как отрасль обязана свое-

му зарождению технологиям визуализации работы живого мозга, сначала с помощью *электроэнцефалографии* (ЭЭГ), затем рентгена и в конце концов компьютерной томографии (от греч. *tomos* – срез) на основе рентгеновских лучей, *позитронно-эмиссионной томографии* (ПЭТ) и *магнитно-резонансной томографии* (МРТ). В настоящее время в арсенале исследователей имеются более дюжины технологий, которые очень быстро совершенствуются.

Важное место в ряду объективных методов исследования психических функций человека занимают различные способы регистрации суммарной электрической активности головного мозга. В электрических процессах, которые регистрируются с поверхности головы (электроэнцефалограмма, ЭЭГ), отражается синаптическая активность нейронов, а именно постсинаптические потенциалы: возбуждающие и тормозные. Эти потенциалы суммируются, и их результат отражается в виде электрических волн ЭЭГ.

В электрическом смысле нейрон представляет собой диполь, ориентация полюсов которого меняется в зависимости от состояния нейрона. При чередовании состояний возбуждения и торможения диполь «вращается», производя в нервной ткани биполярные электромагнитные волны, которые распространяются по объему нервной ткани во всех направлениях, постепенно угасая.

ЭЭГ имеет очень высокую временную разрешающую способность (почти мгновенна) и относительно низкую пространственную точность. С помощью этого метода можно регистрировать усиление и затихание разрядов в популяциях нейронов за десятки и сотни миллисекунд, но при этом невозможно точно сказать, какая группа нейронов вызвала этот сигнал. Мозг имеет довольно сложную архитектуру, и нейроны-диполи распределены в мозге неоднородно в плане ориентации своих полюсов, к тому же имеют разную плотность. В результате конфигурация фиксируемых научной аппаратурой

потенциалов зависит и от расположения регистрирующих электродов.

ЭЭГ с поверхности головы изменяется благодаря прохождению сигнала через водосодержащие ткани мозга, кожу и мышцы, и их электрическая активность оказывает влияние на сигнал. Десятки миллиардов корковых нейронов разряжаются с различной частотой, получается несколько триллионов событий в секунду. Именно поэтому необработанные записи ЭЭГ очень трудно понимать, и до разработки мощного компьютерного анализа их было невероятно сложно интерпретировать [7, с. 168]. В научной практике для анализа ЭЭГ используют математические методы спектрального анализа. На основе спектра мощности выделяют расчетные показатели, которые расширяют содержательную интерпретацию биоэлектрических феноменов.

Собственно говоря, регистрируемые на поверхности мозга сигналы являются лишь косвенной и обобщенной характеристикой работы огромного числа нейронов. Наблюдение за электрической активностью не позволяет расшифровать содержание психической деятельности (о чем человек думает, что он видит и т. д.). Однако некоторые выводы о характере психической активности можно сделать.

По критерию частоты в ЭЭГ выделяют отдельные ритмы, связанные с разным функциональным состоянием человека и животных (табл. 1.3).

Наибольшее внимание исследователей всегда привлекал *альфа-ритм* – доминирующий ритм ЭЭГ покоя у бодрствующего человека, который возникает в результате синхронной и когерентной (по фазе) электрической активности большой группы нейронов в головном мозге человека. Существует немало предположений, касающихся значения альфа-ритма. Основоположник кибернетики Н. Винер и вслед за ним ряд других исследователей считали, что этот ритм выполняет функцию временного сканирования («считывания») информации и тесно связан с

Таблица 1.3

### Основные ритмы ЭЭГ человека

| Ритм   | Частота, Гц | Амплитуда, мкВ | Функциональное состояние         |
|--------|-------------|----------------|----------------------------------|
| Дельта | 0,5–3,5     | До 250         | Фаза глубокого сна               |
| Тета   | 4–7,5       | До 100–200     | Напряжение, стресс, концентрация |
| Альфа  | 8–13        | Не более 50    | Спокойное бодрствование          |
| Бета   | 12–25       | Не более 20    | Реакция активации                |
| Гамма  | > 30        | Не более 0     | Обработка информации             |

механизмами восприятия и памяти. Предполагается, что альфа-ритм отражает реверберацию возбуждений, кодирующих внутримозговую информацию и создающих оптимальный фон для процесса приема и переработки сигналов. Его роль может состоять в своеобразной функциональной стабилизации состояний мозга и обеспечении готовности реагирования.

В состоянии покоя в ЭЭГ имеются и другие ритмические составляющие, но их значение лучше всего выясняется при изменении функционального состояния организма. Так, *дельта-ритм* у здорового взрослого человека в покое практически отсутствует, но он доминирует в ЭЭГ в стадии глубокого сна и отражает активность мозга человека, находящегося в бессознательном состоянии. Дельта-волны усиливаются одновременно с уменьшением осознания происходящего в окружающей действительности [7, с. 171].

*Тета-ритм* иногда называют ритмом напряжения. Положительно тета-волны возникают в результате синхронной активности большого числа нейронов. У человека одним из ЭЭГ-симптомов эмоционального напряжения служит усиление тета-ритма с частотой колебаний 4–7 Гц, причем как при положительных, так и при отрицательных эмоциях. Тета-ритм

наблюдается во время некоторых стадий сна и в состояниях спокойной концентрации, например медитации. Также отмечено его появление при выполнении некоторых задач на кратковременную память и во время извлечения информации из памяти. Тета-волны, вероятно, участвуют во взаимодействии гиппокампа и коры в процессах запоминания и извлечения памятного следа.

*Бета-ритм* – «быстрая» нерегулярная низкоамплитудная электрическая активность мозга (12–25 Гц). Бета-волны, как правило, ассоциируют с нормальным сознательным бодрствованием, часто активным, работающим состоянием или усиленным мышлением и активной концентрацией внимания. Переход от состояния покоя к напряжению всегда сопровождается реакцией десинхронизации, т. е. преобладанием в ЭЭГ высокочастотной бета-активности. Умственная деятельность у взрослых сопровождается повышением мощности бета-ритма, причем значимое усиление высокочастотной активности отмечается при умственной деятельности, включающей элементы новизны, в то время как стереотипные, повторяющиеся умственные операции сопровождаются ее снижением.

*Гамма-ритм* в соответствии с современными представлениями отражает процессы активного обмена информацией между корковыми и подкорковыми областями. Они регистрируются в состоянии активного бодрствования и во время фазы сна с быстрыми движениями глаз.

Высокочастотные ритмы (бета и гамма) могут перекрываться и обычно усиливаются при реализации когнитивных функций – внимания, восприятия, памяти, принятия решения. Поэтому их количественные показатели могут использоваться при исследовании этих функций. Однако при этом следует помнить, что корреляция вовсе не означает обязательного наличия причинно-следственных связей.

В целом следует отметить, что ЭЭГ – относительно «грубый» инструмент для психофизиологического исследования.

ЭЭГ отражает, главным образом, «энергетические» компоненты когнитивной деятельности и базисные механизмы мозговой деятельности (поддержание уровня бодрствования, обеспечение жизненно важных биологических функций). Разные электрографические эффекты при осуществлении высших психических функций могут быть ошибочно приняты за «маркеры» тех или иных психических актов.

*Магнитоэнцефалография (МЭГ)* позволяет измерить магнитное поле, которое возникает в результате электрической активности в мозге. Пространственное разрешение этого метода для некоторых областей коры головного мозга в настоящее время достигает нескольких миллиметров, в то время как его временное разрешение составляет миллисекунды [7, с. 173].

МЭГ имеет великолепное временное разрешение, а ее пространственная разрешающая способность лучше, чем у ЭЭГ. Преимущество МЭГ – ее полная беззвучность, что может быть важно при исследовании процессов обучения, особенно у детей.

Применение фМРТ обеспечило новый всплеск интереса педагогики к нейронауке в результате возможностей визуализации мозговых процессов [189]. Технология фМРТ, которая позволяет регистрировать физиологические изменения, включая насыщение крови кислородом, обладает хорошей пространственной разрешающей способностью и дает возможность создавать трехмерные изображения мозга, видеть движение мыслей в живом мозге с разрешением 0,1 мм, т. е. меньше булавочной головки. Томограф с необыкновенной точностью выдает трехмерную картину работающего головного мозга, поэтому этот метод очень часто применяют для локализации функций мозга. Главным недостатком фМРТ является слабая временная разрешающая способность. Время ответа фМРТ составляет около 6 с, так как для изменения локального кровотока требуется некоторое время – это слишком медленно для большинства когнитивных процессов.

Именно поэтому в некоторых исследованиях для достижения оптимального пространственного и временного разрешения одновременно применяют ЭЭГ и фМРТ. Объединение двух регистрирующих технологий позволило узнать много нового о работе мозга.

ПЭТ была разработана намного раньше, чем МРТ и фМРТ, и обеспечивает измерение метаболической активности мозга. С помощью ПЭТ, например, может быть определен нейрохимический состав рецепторов. В настоящее время ее применяют намного реже, так как данная методика очень дорогостоящая и требует вводить испытуемому радиоактивную метку.

*Кожно-гальваническая реакция* позволяет определять психоэмоциональное состояние человека. Потенциал кожи формируется за счет наличия в коже потовых желез, а точнее, за счет их заполнения потовой жидкостью. Проводимость кожи в каждый конкретный момент времени будет определяться тем, какая часть протока потовой железы заполнена потовой жидкостью. С точки зрения нейрологии сигнал кожно-гальванической реакции интересен тем, что активность потовых желез контролируется центральной нервной системой (ЦНС), точнее, она контролируется мозгом через симпатический отдел вегетативной нервной системы.

*Пульсометрия.* В качестве информативных параметров при обработке сигнала пульсового кровенаполнения используется частота и вариабельность сердечного ритма. В наиболее распространенном варианте этой технологии мощный светодиод и оптоэлектронный датчик размещают на одном из пальцев. Оптоэлектронный датчик фиксирует свет, прошедший через ткани и несущий информацию о наполнении кровью периферических сосудов и капилляров, этот метод получил название *фотоплетизмографии*. Причины широкого применения пульсометрии в психофизиологических исследованиях заключаются в относительной простоте метода при обеспечении достаточно высокой точности. Кроме того, метод не требует

предварительной обработки кожного покрова и постоянной калибровки при эксплуатации.

На сегодняшний день невозможно одновременно иметь и высокую пространственную разрешающую способность, и высокое временное разрешение при использовании только одного метода. Существует компромисс. Такие методы, как фМРТ и ПЭТ, указывают нам, где в мозге происходят определенные процессы. ЭЭГ и МЭГ показывают миллисекундные изменения активности.

Технологии для исследования мозга позволяют измерять активность как единичных нейронов, так и больших корковых областей, а также структуру головного мозга, динамику активности и связей. Изобретение методов нейровизуализации работы мозга изменило технологию исследования человеческого сознания. Постоянно идет усовершенствование существующих и изобретение новых методов. Комбинация ранее известных методов (полиграфическая регистрация) дает возможность решения новых исследовательских задач изучения подсистем мозга человека. Одним из современных достижений является регистрация нескольких параметров с помощью разных методов в одном исследовании, что позволяет дополнять результаты электромагнитных измерений данными от непрямого измерения активности мозга [7, с. 183–198].

*Математическое моделирование* работы мозга – это самостоятельный неаппаратный метод исследования. Он позволяет получить научные результаты, к которым трудно прийти иным путем. Хотя несомненно, что на интуитивно-вербальном уровне формируются первоначальные гипотезы и в вербальной форме формулируются окончательные результаты исследования, только после построения строгой математической модели можно быть уверенным, что вербальная модель не имеет скрытых противоречий, логических пропусков и неявных нестыковок. В процессе построения математической модели выявляются пробелы в имеющихся знаниях о некоторых

частях моделируемого объекта и формируются рабочие гипотезы о возможных механизмах функционирования этих частей, стимулирующие проведение эффективных экспериментальных исследований. Во многих случаях, когда реальный эксперимент затруднен или невозможен, он может быть заменен модельным экспериментом. Так, математическое моделирование позволяет перенести результаты фундаментальных исследований на образовательную деятельность. Часто результаты, полученные в процессе моделирования, радикально отличаются от тех, которые основаны на чисто вербальных теориях [188]. Поэтому нейросетевое моделирование играет важную роль в когнитивных исследованиях как при планировании экспериментальных работ, так и при теоретическом осмыслении их результатов.

Реализованные в виде компьютерных программ или микропроцессорных схем, такие математические сети весьма успешно имитируют биологические сети. Так, имеется опыт достаточно успешного моделирования отделов мозга – гиппокампа и его связи с корой [74]. Даже совсем простая сеть из математических нейронов может демонстрировать элементы интеллектуального поведения.

## **Выводы по главе 1**

Эволюция человека тесно связана с развитием его когнитивных способностей. Если начальный этап человеческой истории характеризовался морфологическим развитием мозга, то в более поздний период эволюция когнитивных способностей обеспечивалась путем совершенствования функций мозга. Современный и относительно короткий этап эволюции человека (около 5 тыс. лет) сопровождается развитием специальной системы тренировки мозговых функций – целенаправленным обучением.

Обучение как социальный институт и как набор дидактических технологий прошло длительный путь развития и про-

должает стремительно меняться в соответствии с изменением общества, потребностей людей и технологической революции. Современное знание об обучении (дидактика) становится все менее искусством и все более приобретает черты науки. Важную роль в становлении новой научной дидактики играет когнитивная нейронаука. На рубеже XXI в. оформилось и интенсивно развивается такое научное направление, как нейродидактика, цель которой – пересмотр традиционной дидактики с позиции знания о функционировании мозга человека, учет и внедрение в педагогическую практику новых технологий и более объективная оценка образовательных результатов. Развитие современных методов исследования дает возможность глубже заглянуть в то, как обучается мозг в течение всей жизни, разрушить стереотипы и заблуждения. Сформирован ряд направлений нейродидактики, подкрепленных как эвристическими теоретическими моделями, эмпирическими исследованиями, так и передовым образовательным опытом.

Нейронаука как отрасль обязана своему зарождению техническим методам визуализации работы живого мозга, сначала с помощью ЭЭГ, затем компьютерной томографии. В настоящее время в арсенале исследователей имеется множество технологий, которые очень быстро совершенствуются. Полученные результаты часто используются для математического моделирования работы мозга: это самостоятельный неаппаратный метод исследования, он позволяет получить научные данные, к которым трудно прийти иным путем.

Нейрологические исследования поднимают проблемы особенностей записи информации в мозге человека, индивидуальных различий в протекании мыслительной деятельности, ЭЭГ-маркеров неспецифической активации как инструмента прогноза успеваемости, влияния среды обучения на обучающийся мозг, нейрологии переучивания, особенно в контексте проблем последипломного образования и обучения старших возрастных групп, половых различий в организации мозга,

эмоционально-мотивационного компонента обучения и т.п. На сегодняшний день можно подвести первые итоги развития нейродидактики как фундаментальной базы телеобучения и наметить направления дальнейшей работы.

За последние два десятилетия наблюдается интенсивное развитие нейрокогнитивных исследований. В России одним из ключевых центров когнитивной нейронауки в приложении к образованию явилась Современная гуманитарная академия. При широком спектре исследований – от молекулярно-генетических до системно-информационных – проекты СГА строились на взаимодействии с ведущими российскими и мировыми специалистами нейронаук.

## ГЛАВА 2. КАК УЧИТСЯ МОЗГ

Чего не понимают, тем не владеют.

*Йохан Вольфганг Фон Гете*

### 2.1. Общая структура мозга

Мозг человека – сверхсложный и совершенный орган, появившийся в результате эволюции. Разные отделы мозга играют свою специфическую роль при обработке информации, ее запоминании, последующем извлечении и использовании в различных видах деятельности. Согласованное взаимодействие структур и отделов мозга при выполнении любой функции есть не что иное, как функционирование сети, образованной десятками миллиардов нейронов, соединенных между собой чрезвычайно сложным, но упорядоченным образом.

**Структурной единицей мозга является нервная клетка – нейрон.** ЦНС человека, включающая головной и спинной мозг, состоит из многих миллиардов нейронов. Нейроны различаются по форме, размеру, химическому составу и функциям. На сегодняшний день выявлено более 200 различных их видов. На клеточном уровне кора мозга представляет собой грандиозную структуру. Она содержит до 100 млрд нейронов. Снаружи мозг выглядит как сложное складчатое образование с множеством выступов и углублений. Если бы удалось развернуть складки коры, получился бы покров площадью около 1 м<sup>2</sup>, состоящий из шести слоев. В каждом слое находится огромное множество нейронов с ветвящимися отростками. Этот слоистый покров мозга подразделяется на миллионы вертикальных колонок [7, с. 84].

Вопреки распространенному заблуждению нервные клетки возникают на протяжении всей жизни. Некоторые из новых клеток встраиваются в уже существующие нейронные сети, особенно задействованные в работе памяти и обучении. Обучаясь чему-то новому, взрослый человек может увеличивать число связей у себя в мозгу на протяжении всей жизни. Но если не давать мозгу работу, это может привести к исчезновению связей [42, с. 21].

Нейрон во многом похож на другие клетки организма. Вместе с тем он имеет и ряд особенностей, которые обеспечивают его главные функции: прием, обработку и передачу информации. Одно из основных свойств нейрона – способность возбуждаться, или генерировать потенциал действия. Это возбуждение нейрон может предавать другим нейронам через специальное соединение – синапс. Возбуждение, передаваемое через синапс, может вызывать у принимающего нейрона две реакции: он либо возбуждается, передавая импульс дальше, либо тормозится, блокируя дальнейшее распространение возбуждения. Роль «регулирующих», определяющих маршрут проведения нервного импульса, выполняют медиаторы. На сегодняшний день известно более 60 химических веществ, которые выполняют функции медиаторов. Самыми распространенными являются катехоламины (дофамин, норадреналин, адреналин), серотонин и  $\gamma$ -аминомасляная кислота (ГАМК). Действие на состояние и поведение человека многих лекарств и продуктов питания обусловлено их влиянием на выработку организмом таких медиаторов.

Нейроны выполняют свои функции не изолированно друг от друга. Работа миллиардов нервных клеток состоит в том, что они получают сигналы от других нервных клеток и передают их третьим. Передающие и принимающие клетки объединены в нервные цепи, или сети. Отдельный нейрон может посылать сигналы тысяче и даже большему количеству нейронов (но чаще один нейрон соединяется всего лишь с несколькими

определенными нейронами). Точно так же какой-либо нейрон может получать входную информацию от других нейронов с помощью одной, нескольких или многих входных связей. Все зависит от того, в какую сеть оказалась включенной клетка в процессе развития.

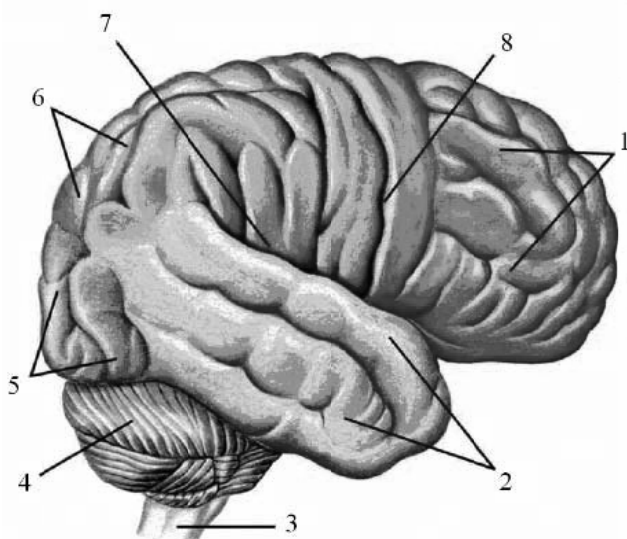
В любой момент огромное количество нейронов находится в активном состоянии – каждой такой композиции активных нейронов соответствует конкретный вид психической деятельности. В мозге, таким образом, образуется огромное количество ансамблей нейронов, каждый из которых имеет многоуровневую разветвленную структуру. С определенным упрощением можно сказать, что «знания» кодируются в таких нейронных соединениях. При обучении формируются новые композиции работающих нейронов. Узнавание (вспоминание) с нейронной точки зрения есть активизация соответствующих нейронных ансамблей. Один активированный нейронный ансамбль может оказаться связанным с другим, с третьим... Так выглядит акт мышления, понимания, ассоциации. В свою очередь, забывание – это разрушение нейронных связей, в результате которого соответствующая композиция нейронов не может активизироваться.

В целом можно сказать, что обучение происходит либо через рост новых синапсов, либо через усиление или ослабление уже имеющихся. Мозг содержит максимальное количество синапсов (т.е. связей между нейронами) перед наступлением половой зрелости. Далее мозг проходит реорганизацию по мере устранения избыточных синапсов. Так, обучение, подобно скульптору, формирует мозг, отсекая лишнее или добавляя необходимое.

## **2.2. Функциональная организация обучающегося мозга**

Основополагающий механизм обучения заключается в формировании сложных, распределенных нейронных сетей,

объединяющих функционально различные отделы мозга. Головной мозг состоит из стволовой части и двух полушарий. Правое и левое полушария соединены связкой нервных волокон, обеспечивающей межполушарный обмен информацией. Каждое полушарие делится на доли, которые специализируются на выполнении разных задач: лобная доля отвечает за планирование действий, височная – за слух и память, теменная – за обработку пространственной информации, затылочная – за зрительные функции (рис. 2.1). За понимание других людей несет ответственность одна конкретная область – передняя часть поясной извилины коры головного мозга (передняя поясная кора). Она особенно активна в процессе обучения. Во многом благодаря этой части извилины мы учимся и учим.



**Рис. 2.1.** Головной мозг (вид сбоку): 1 – лобная доля; 2 – височная доля; 3 – продолговатый мозг; 4 – мозжечок; 5 – затылочная доля; 6 – теменная доля; 7 – латеральная борозда; 8 – центральная борозда

Разумеется, это самая общая характеристика. В каждой области мозга есть свои взаимосвязанные системы нейронов,

причастные к обработке разных видов информации. Любой интеллектуальный навык, например арифметические вычисления, запоминание терминов и т. п., зависит от согласованного взаимодействия многих специализированных систем, находящихся в разных отделах головного мозга.

Повреждение любой из нейронных систем может нарушить приобретенный навык или сделать невозможным его приобретение. Вместе с тем большинство нейронов функционально взаимозаменяемы, т. е. один нейрон может отвечать за выполнение какой-либо задачи, а затем быть переадресован на выполнение другой функции. Человеческий мозг необычайно пластичен и не имеет постоянной структуры, а непрерывно обновляет и заново устанавливает внутренние связи в соответствии с новыми заданиями [33, с. 170].

Межполушарная асимметрия (различие функций правого и левого полушарий) известна давно, но в дидактике обычно применяется только как иллюстрация для интуитивно найденных подходов и принципов обучения. Распространившиеся в последние годы теории обучения, опирающиеся на принцип функциональной асимметрии мозга, требуют критического анализа и осторожности. Дело в том, что мозг – высокоинтегрированная система, ни одна из ее частей не работает изолированно, поэтому доминантность – это, скорее, вариант взаимодействия полушарий. Какую функцию нашего мозга ни возьми, почти все они связаны с одним полушарием в какой-то степени сильнее, чем с другим [42].

На самом деле взаимосвязи полушарий сложнее, и, кроме того, неверно представлять одно полушарие совершенно логическим, а второе – образно-невербальным. Как отмечает В.С. Ротенберг, оба полушария обрабатывают и вербально-логическую, и образную информацию, просто делают они это по-разному. Оба эмоциональны, но отвечают за разные аспекты эмоций [66]. Вместе с тем правша и левша все-таки обучаются по-разному. Но не так, что одному будут предлагать в основ-

ном образное, а другому – абстрактное изложение материала. Речь идет, скорее, об особенностях восприятия, работы сенсорных и моторных систем [55]. Один из упреков традиционному западному образованию – упор в развитии левополушарных функций и игнорирование правого полушария [65]. Соответственно, в обучающих продуктах было бы желательно обеспечить выполнение задач как на точность и детализацию, так и на нечеткое, но целостное восприятие. В целом еще предстоит по-новому осмыслить роль ведущего полушария и учесть многие аспекты, связанные с леворукостью.

В запоминании и обучении участвуют практически все корковые и подкорковые отделы головного мозга, т. е. попытка локализовать «знание» в какой-либо четко очерченной области бессмысленна. Вместе с тем каждый конкретный вид научения затрагивает вполне определенную популяцию нейронов, не влияя на соседние клетки. Таким образом, хотя следы памяти и могут охватывать обширные области мозга, субстрат их высокоспецифичен, а значит, поддается изучению.

Можно сказать, что поиски единого центра памяти не увенчались успехом. Долговременная память распределена по всему мозгу и закодирована в тех же участках, где исходно возникали соответствующие ощущения. Восприятие ситуаций при запоминании обычно комплексное – изображение, слуховые образы, обоняние, мышечные ощущения. Исходно мы ощущаем это вместе, тогда вызывая в сознании отдельные образы, мы можем восстановить и полное воспоминание [42, с. 30]. В ходе обычных аудиторных занятий трудно задействовать сразу несколько модальностей, а переносить обучение на практику, может быть, еще рано. На помощь современным педагогам может прийти технология виртуальной реальности.

Целостный характер функционирования мозга можно проиллюстрировать на примере интеграции моторных зон коры головного мозга с отделами, отвечающими за мышле-

ние и восприятие. Понимание этого взаимодействия стало возможным благодаря открытию особой функциональной группы – зеркальных нейронов [63]. Исследование зеркальных нейронов позволило установить, что в мозге нет единой пространственной карты. Восприятие пространства интегрировано с моторными зонами, отвечающими за перемещение частей тела в пространстве. Часть нейронов моторной зоны разряжается и тогда, когда производится действие, и тогда, когда имеет место простое восприятие объекта. Соответственно, воспринимаемый объект кодируется в виде заданного набора приглашений к действию. Вызываемый потенциальный моторный акт позволяет категоризировать объект как «тот, который можно схватить тем или иным способом, используя тот или иной захват», т. е. наделяя его значениями. Зеркальные нейроны реагируют скорее на значения стимулов, а не на их сенсорные аспекты. Эта реакция на значения называется пониманием. Таким образом, пространство описывается в терминах потенциальных моторных актов [63, с. 54–75].

Таким образом, строгое разделение перцептивных, когнитивных и моторных процессов носит искусственный характер: во-первых, восприятие встроено в динамику действия (это намного более сложный процесс, чем считалось ранее). Кроме того, действующий мозг – это также и мозг понимающий. Это прагматическая, допонятийная и доязыковая форма понимания. Но она лежит в основе более сложных когнитивных процессов. Распознавание действий и даже намерений других индивидов опирается, прежде всего, на наш собственный поведенческий репертуар. Зеркальные нейроны позволяют установить соответствие между действием, которое мы наблюдаем, и действием, которое можем выполнить, и благодаря этому установить их значение [63, с. 19]. Принятие этого положения для дидактики означает смену парадигмы – переход от концепции «сначала объяснить – потом научить» к дидактике «обучения в ходе действия».

Хорошо известна неэффективность «пассивного» усвоения информации на лекциях или при чтении книг. На интуитивном уровне мы пытаемся разбавить вербальное восприятие движениями: подчеркиваем карандашом, ставим значки рядом с прочитанным, рисуем схему в конспекте и т.д. Старое университетское правило ведения и отработки конспектов лекций и первоисточников можно отнести сюда же. Первые годы внедрения виртуальной образовательной среды, электронных книг, портативных компьютеров приводили к уменьшению возможности проявления такой «рисовальной» активности. Потребность в двигательной активности была слабо реализована, и это вело к снижению удовлетворенности дистанционным обучением и мотивации к нему, а в некоторых случаях и к затруднениям в освоении материала.

Объяснение потребности в моторной учебной активности можно предложить исходя из устройства нашего мозга. Главные речевые зоны нашего мозга располагаются в левом полушарии, в его височной и лобной долях. Эти зоны имеют множество связей с расположенными в глубине структурами, участвующими в обработке сенсорной информации. Такие участки входят в число модулей, обеспечивающих совмещение накопленных ощущений от разных органов чувств (особенно осязания и слуха) и построения на их основе связанных образов. Если исходить из того, что у наших непосредственных предков мозг был устроен примерно так же, как у современных приматов, можно предположить, что способность к языку возникла в отделе мозга, объединявшем сразу несколько важных функций. Мозг человека умелого уже начал увеличиваться в размерах, и ему, возможно, не стало хватать места в черепной коробке, из-за чего могло начаться слияние этих соседних зон [25]. За возникновением языка последовало быстрое присоединение обширных участков левого полушария к речевым зонам, развивавшимся так быстро, что это вызвало смещение зрительных зон в сторону

затылка и присвоение языковым центрам большей части областей, ранее отвечавших за пространственные навыки. Так, речь оказалась связана с пространственными и двигательными центрами [42, с. 138–139].

Логопедам хорошо известна взаимосвязь освоения речи и мелкой моторики. Теперь становится очевидно, что связь между мышлением и движениями носит более тесный характер и распространяется на все уровни образования, включая высшее. Телеобучение должно учитывать такую потребность мозга и обеспечивать сопровождение умственных и вербальных действий физическими. Например, уже существуют многообразные способы «общения» с компьютером, позволяющие помимо клавиатуры и мыши использовать движения пальцами и жесты. В ближайшее время будут широко распространены системы, распознающие мимику. Появились пилотные проекты создания трехмерной обучающей среды на основе виртуальной реальности, в которой обучающийся имеет возможность передвигать смысловые блоки, устанавливать соответствия и создавать логические схемы.

Традиционная дидактика долгие годы исходила из того, что смысловые ассоциации формирует последовательность значений (ассоциативно-рефлекторная концепция обучения), т.е. суть обучения представлялась как постижение сути явления, а определения давались через другие определения. Последние данные показывают, что мозг, скорее всего, сортирует и хранит представления об объектах в соответствии с нашими отношениями с этими объектами, а не в соответствии с тем, как они выглядят или в чем их сущность. Наши отношения даже с совсем простыми объектами многогранны. Например, пищу мы не только едим, но и рассматриваем, обоняем, берем в руки, покупаем. Животное можно видеть, трогать, любить или бояться, на него можно охотиться и его можно есть. Музыкальный инструмент можно слышать и видеть, держать в руках и играть на нем. Каждая грань этих запечатлений объ-

екта мозгом хранится в соответствующей отдельной области мозга. Назовем такой аспект единицей распознавания (ЕР). Для флейты у нас имеется ЕР в зрительной коре, ЕР названия в височной доле, ЕР звуков в слуховой коре, ЕР осязательных ощущений (чего-то гладкого, цилиндрического, требующего непростых манипуляций) в соматосенсорной и премоторной коре. Разные области мозга заполнены такими ЕР, связанными с разными объектами, но объединены они по сходству именно в том аспекте, за который отвечает определенный отдел мозга [42, с. 118]. Так, осязательная ЕР может располагаться рядом с осязательной ЕР карандаша, в то время как звуковая ЕР флейты – рядом с ЕР будильника.

Когда мы думаем о флейте, все эти ЕР соединяются друг с другом, образуя совокупное представление. Наиболее знакомая нам грань, скорее всего, окажется наиболее доступной нашему сознанию и будет доминировать в восприятии. У флейтиста особенно отчетливые понятия о флейте могут быть записаны в премоторной (движения пальцев) и сенсомоторной коре (ощущения губ). У меломана, часто посещающего концерты, будут особенно яркими слуховые стороны образа. А у человека, далекого от музыки, воспоминания о флейте будут в основном зрительные и вербальные [42, с. 119]. Описанный механизм кодирования в различных зонах мозга позволяет объяснить особенности профессионального восприятия. Профессионал не только знает больше или более готов применять профессиональные категории к восприятию ситуации. Он знает по-другому! Так, технолог пищевого производства, продавец и покупатель-гурман будут по-разному воспринимать одну и ту же еду. Понятие «деньги» для предпринимателя будет закодировано одним образом, а для бухгалтера – другим.

Таким образом, умозрительные заключения таких философов-прагматистов, как Чарлз С. Пипс, Уильям Джеймс и Джон Дьюи, о том, что смысл воспринимаемой информации зависит

не от присущих ей свойств, а от того, как она будет использована, стали вполне доказанными научными фактами [121].

В дидактике, конечно, и раньше была известна роль контекста. Но в практике образования редко кто обращает внимание, как усвоены понятия – в контексте или без него. Современные представления о работе мозга позволяют заново объяснить и такой давно известный факт, как студенты-заочники, занятые помимо учебы работой по профилю обучения и семейными делами, за пределами академической среды демонстрируют гораздо более прочные и применимые знания и навыки, чем студенты очного обучения, многие месяцы проводящие в аудиториях и библиотеках. В перспективе с развитием технологий визуализации когнитивных процессов возможен контроль за профессионализацией когнитивной деятельности. Таким образом, способ кодирования профессиональных понятий по соответствующим зонам мозга может служить маркером успешности обучения.

Представления о зонах кодирования понятий помогают объяснить и творческий потенциал специалистов, перешедших из одной профессиональной области в другую. Соответственно, они имеют больше возможности нестандартного восприятия, поскольку у них отсутствует стереотипная для данной конкретной профессии система кодирования. Вот почему неверно и представление о последних фазах профессионализма как совершенное овладение профессией: само по себе освоение профессии приносит только автоматизм, высокое качество и надежность. Действительно высокий уровень профессионализма предполагает и творчество.

Для выполнения своих функций мозг нуждается в определенном уровне общей, или неспецифической, активации. На разных уровнях головного мозга существуют относительно самостоятельные активирующие и тормозные структуры, они вступают друг с другом в сложные системы взаимоотношений, формируя блок регуляции тонуса и бодрствования [68].

К нему относятся восходящая активирующая система среднего мозга, активирующая-инактивирующая система таламуса и другие структуры.

Считается, что особенности неспецифической, или модулирующей, системы мозга во многом определяют индивидуальность, в том числе индивидуальную способность к обучению. Очевидно, что даже самые лучшие схемы и алгоритмы обучения не дадут должного эффекта, если не учитывать фактор индивидуальности. Вместе с тем это непросто применить в практике обучения, и в мировой практике высшей школы пока еще трудно найти пример обоснованной и последовательной индивидуализации обучения.

Перспективы дифференциальной дидактики, основанной на понимании нейронных механизмов обучения, видны и в таком направлении, как учет половых особенностей студентов. Важнейшей вехой ушедшего столетия было достижение равноправия между мужчинами и женщинами в образовательной сфере. На сегодняшний день в университетах России женщин обучается больше, чем мужчин. Но, добившиеся права обучаться в высшей школе, женщины пришли в ментально «мужские» университеты. Мы немного лукавим, говоря, что преподаем для всех одинаково. Но сложившаяся система научного знания и дидактика были построены применительно к мужскому мозгу. Сегодня мы более четко понимаем различия в строении и функционировании мозга мужчин и женщин.

Так, достоверно установлено, что функциональная асимметрия у женщин меньше, а связывающие оба полушария волокна (комиссуры) имеют больший объем [148, с. 155]. У женщин восприимчивое к эмоциям правое полушарие может передавать больше информации левому, наделенному способностями к аналитическому мышлению и языкам. Возможно, поэтому женщины несколько лучше распознают собственные эмоции и эмоции других. При этом женщинам легче выражать свои эмоции и размышлять о них, чем мужчи-

нам. Если мужчины лучше справляются с мысленным вращением изображений, то женщины лучше способны находить два одинаковых изображения и успешнее распознают недостающие предметы при сравнении изображений [42, с. 78]. Женщины склонны решать сложные мыслительные задачи с использованием обоих полушарий, а мужчины склонны использовать то полушарие, которое больше подходит для решения задачи. Эти особенности мозговой активности позволяют предположить, что женщины в каком-то смысле шире смотрят на вещи и принимают решения, учитывая больше аспектов ситуации. Мужчины, в свою очередь, лучше концентрируются на чем-то одном [42, с. 71].

Дальнейшее развитие идей дифференциальной дидактики предусматривает исследования, связанные с объективной, количественной оценкой функционального состояния человека, занятого учебной деятельностью, поиском индивидуальных психофизиологических характеристик памяти, внимания, обработки и кодирования информации, стилей обучения.

### **2.3. Инженерный анализ мозга**

Мозг в значительной степени представляет собой вычислитель вероятности. При построении и проверке гипотез мы руководствуемся не только тем, что дают нам наши органы чувств, но и тем, что вообще может произойти. Исходя из ситуации мозг прогнозирует, какие сигналы можно ожидать от органов чувств. Прогнозы не совсем точны. Эти ошибки позволяют мозгу обучаться и совершенствовать свою способность угадывать [42, с. 121–122].

Потенциал мозга человека наглядно виден в пока еще тщетных попытках «инженерного анализа» мозга. Как механик разбирает двигатель «винтик за винтиком», исследователи «нейрон за нейроном» разбирают мозг, чтобы создать его модель. В частности, работа нейронов может имитироваться

на громадном компьютере. Такая работа началась с нейронов животных, включая насекомых, мышей и кошек, и постепенно продвигается вверх по эволюционной лестнице. Ф. Хэпгуд, один из исследователей из Массачусетского технологического института (США), пишет: «Если мы выясним, как работает мозг, как в точности он работает на том же уровне, как мы понимаем работу мотора, почти все учебники придется переписывать» [33, с. 135]. С этим трудно не согласиться, более того, придется менять не только содержание учебников по нейрологии, но и всю систему обучения.

Применение суперкомпьютеров для имитации поведения нейронов совсем недавно позволило осуществить моделирование мозга плодовой мушки-дрозофилы, который насчитывает около 150 тыс. нейронов. В настоящее время моделирование когнитивных процессов мыши (ее мозг содержит 2 млн. нейронов) реализовано в Ливерморской национальной лаборатории (США) с использованием компьютера Blue Gene. Однако всей мощности суперкомпьютера хватает, чтобы смоделировать работу мозга мыши (не само поведение) лишь в течение нескольких секунд [33, с. 140]. Сложность заключается в объеме вычислений: каждый нейрон связан с другими, и они образуют густую нейронную сеть.

Blue Gene Dawn фирмы IBM представляет собой вычислительную систему, содержащую 157 556 процессоров и 150 000 Гбайт памяти и позволяющую выполнять 500 трлн операций в секунду. К 2009 г. исследователям удалось смоделировать 1% коры головного мозга человека<sup>1</sup>. Это соответствует всему объему коры у кошки – 1,6 млрд нейронов и 9 трлн связей (мозг человека содержит около 100 млрд нейронов). При этом полученная модель работает в 600 раз медленнее реального мозга, а энергозатраты Blue Gene Dawn составили 1 МВт. По оценкам М. Каку, на полное компьютерное моделирование мозга потребуется несколько десятков лет.

---

<sup>1</sup><http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/28842.wss>

При технической базе уровня 2010 г. такая модель будет потреблять 1 ГВт энергии (это блок атомной электростанции), компьютер займет несколько городских кварталов, а для охлаждения потребуется река [33, с. 142]. Забавно сравнить: реальный мозг человека весит около 1,5 кг, расходует он примерно 20 Вт, а его нагрев невелик.

Другой способ моделирования – создание подробной нейронной карты мозга (топологический подход) – тоже займет несколько десятков лет. На построение нейронной топологии дрозофилы (нарезка мозга, сканирование, трехмерное моделирование, учет взаимосвязей) уходит около 20 лет. Группа исследователей из швейцарской Федеральной политехнической школы в Лозанне осуществляет проект Blue Brain, в ходе которого удалось создать модель одной колонки неокортекса крысы (10 тыс. нейронов и 100 млн связей). Следует заметить, что в мозгу крысы миллионы таких колонок. Соответственно, делает вывод М. Каку, на полное понимание механизма мышления или на создание машины, способной дублировать функции человеческого мозга, не приходится рассчитывать раньше конца XXI в. [33, с. 144–146]. Этот прогноз, однако, несколько не умаляет значимости когнитивных нейроисследований в ближайшей перспективе. Одним из фундаментальных открытий, перекаривающих ландшафт дидактики, является открытие пластичности мозга.

## **2.4. Обучение и пластичность мозга**

В настоящее время интерес исследователей направлен, прежде всего, на изучение форм пластичности, связанных с усвоением различных форм культурного, в частности профессионального, опыта. При этом допускается, что наблюдаемые различия могут выражаться как в структурной реорганизации мозга, так и в функциональных изменениях, которые, в свою очередь, могут либо представлять собой вовлечение различ-

ных мозговых структур или зон коры в решение того или иного класса задач, либо отражать различный вклад одних и тех же структур в решение задачи [152].

Пластичность мозга на уровне рецептивных полей отдельных нервных клеток, связанная с использованием орудий, продемонстрирована в нейрофизиологических исследованиях орудийного поведения обезьян. Нейроны межтеменной коры, избирательно активирующиеся в ответ на зрительно воспринимаемую собственную лапу обезьяны, сразу после использования орудия (палки для придвигания пищи, применению которой обезьяну обучали в течение двух недель) «включают» в свое рецептивное поле не только лапу, но и орудие, а рецептивное поле нейронов, в которое входила только часть тела животного, доступная в его поле зрения, расширяется так, что в него попадает и орудие. Интересно, что подобные результаты получены в случае не только непосредственного наблюдения обезьяны за собственной лапой, но и когда изображение лапы, приманки и орудия проецировалось для животного на монитор и действия выполнялись с использованием виртуальной обратной связи [180].

Важное значение имеет изучение влияния школьного и профессионального обучения на системы мозга путем сравнения разных образовательных систем, включая национальные (кросс-культурные). Японскими исследователями в 1980-х гг. изучались различия в выполнении нейропсихологических тестов у лиц, обучавшихся в японской начальной школе с использованием национального счетного инструмента – соробана<sup>1</sup> и по традиционному для европейцев подходу. При его использовании счет опирается не на речь, как в случае традиционного европейского обучения, а на зрительно-пространственное

---

<sup>1</sup> Соробан – японские счеты, состоящие из нечетного количества вертикально расположенных спиц, на каждой из которых нанизано по пять костяшек. Каждая спица представляет собой цифру. В настоящее время в Японии соробан продолжает использоваться для обучения счету в начальной школе.

мышление. Оказалось, интериоризация внешних операций счета приведет к правополушарной латерализации счета, в отличие от левополушарной латерализации у европейцев. Результаты указывали на то, что тип обучения оказывает влияние на формирование соответствующих мозговых систем. У тех, кто не обучался счету на соробанае, активация мозга при решении арифметической задачи сходна с его активацией при решении вербальной задачи, в то время как у тех, кто овладел счетом с использованием соробана, активация мозга при решении арифметических задач сходна с его активацией при решении зрительно-пространственных задач (в частности, в решение задач вовлекается верхняя теменная и премоторная кора правого полушария) [153]. Результаты современных исследований с использованием фМРТ показали, что даже применение разных методов обучения математике в школах одного и того же государства приводит к формированию разных функциональных систем, позволяющих людям решать задачи с равной эффективностью, но предположительно с разной степенью прилагаемых умственных усилий [102].

Приобретение профессионального опыта так или иначе требует участия памяти, в формировании следов которой ключевую роль играет гиппокамп. Однако на примере задач зрительного поиска было показано, что профессиональный опыт может перестраивать и работу зрительного внимания. Механизмы зрительного поиска, обеспечивающие его эффективность, частично опираются на особенности функционирования первичной зрительной коры головного мозга, отдельно обрабатывающей информацию о разных физических признаках зрительных объектов, таких как цвет, наклон линий, их кривизна и т.п. [78], а частично формируются в ходе автоматизации решения зрительных задач [205]. Как стимул, отличающийся от остальных по одному физическому признаку (например, человек в красном костюме среди множества людей в сером), может субъективно «выскаки-

вать» и благодаря этому быстро обнаруживаться независимо от количества отвлекающих стимулов, так и стимулы одной категории в результате обучения могут начать «выскакивать» среди стимулов другой категории (например, повышение эффективности поиска наблюдается для букв среди множества цифр и для цифр среди множества букв, поскольку в ходе обучения буквы и цифры обычно встречаются в отдельных независимых контекстах и опознаются с участием специализированных зон мозга [194]). Но и эта специализация может исподволь меняться под влиянием культурно-специфического профессионального опыта. Результаты исследования, проведенного на выборке канадских почтальонов, занимающихся сортировкой почты на основе индекса, показали, что у них подобных эффектов не наблюдается, поскольку канадские почтовые индексы представляют собой наборы символов, включающих как буквы, так и цифры [193].

Объем серого вещества (измерялся с использованием структурной МРТ) в специализированных зонах коры головного мозга человека изменяется в ходе перцептивного научения [213]. Сходные данные относительно изменения объема серого вещества в теменно-затылочной коре в ходе выработки навыков, требующих зрительно-моторной координации, получены в лонгитюдном исследовании начинающих игроков в гольф, причем в данном исследовании зарегистрированное изменение оказалось прямо связано с интенсивностью обучения [109]. Таким образом, в ходе обучения происходят морфологические изменения в головном мозге.

## **2.5. Морфологические показатели изменений мозга в результате обучения**

Развитие и деятельность мозга имеют селекционистскую природу. Мозг состоит из разнообразных элементов, которые могут репродуцироваться или амплифицироваться (по-

вышать силу). По сути, структура мозга избыточна: одну и ту же функцию могут выполнять различные наборы элементов. Благодаря избыточности компенсируются последствия травм, болезней и возрастные изменения. Среди разнообразных элементов происходит отбор: функционально неэффективные нервные связи отсеиваются в течение всей жизни. В процессе научения при взаимодействии со средой изменяется синаптическая сила, в результате одни проводящие пути получают преимущество перед другими [7, с. 56–57].

Исследование мозга образованного человека с целью поиска мозгового субстрата компетенций осуществлялось, прежде всего, методами магнитно-резонансной морфометрии мозга (МРММ). К настоящему времени накоплены данные, указывающие на динамичность и неоднозначность изменений морфометрических показателей при обучении, а также разное их проявление, причем в разных зонах мозга и на разных этапах обучения. Краткий обзор основных результатов морфометрии обучения представлен в Приложении.

Получение таких моторных навыков, как балансировка на платформе и жонглирование, приводило к увеличению объема серого вещества сразу во многих областях мозга [140, с. 215]. Формирование сложного видеомоторного навыка вызвало увеличение объема серого вещества в области проекции ладони контралатеральной первичной моторной зоны [169]. Различия, связанные с обучением навигации в сложных условиях, были выявлены в гиппокампе [113, 179, 218]. Интересно, что у водителей такси и артистов балета изменения были схожими и касались плотности серого вещества в задних отделах гиппокампа [161]. Моторная и слуховая кора музыкантов имеет особенности, зависящие от интенсивности тренировок [106, 130, 147, 151].

Результаты вербальных тренировок (владение иностранным языком и словарный запас индивида) оказались связанными с плотностью серого вещества в области нижней темен-

ной извилины левого полушария [172, 196]. Тренировка памяти и устного счета привела к уменьшению объема серого вещества в лобных и теменных зонах билатерально и в зонах верхней височной извилины левого полушария [214]. Специальное обучение логическим навыкам рассуждения выразилось в увеличении плотности белого вещества во фронтальной и теменной областях [178]. Удалось даже проследить изменения, связанные с чтением книг, – значительное увеличение числа связей между нейронами на узлах левой угловой и супрамаргинальной извилин и правой задней височной извилины [108].

Мысль о том, что мозг, подобно мышцам, может расти и укрепляться благодаря тренировкам, т.е. образованию, перестает быть метафорой. Так, в монографии известного ученого Нормана Дойджа «Пластичность мозга» [24] утверждается, что в организме животных, которых заставляли решать сложные пространственные задачи, содержание ацетилхолина – химического вещества, играющего важную роль в процессе обучения, – выше, чем у их скучающих от безделья сородичей. Ментальный тренинг, т.е. обучение, жизнь в стимулирующих условиях, повышает на 5% общий объем коры головного мозга животных и на 9% объем тех областей, которые непосредственно стимулируют тренировками. Тренированные, или стимулированные, нейроны формируют на 25% больше нейронных ветвей, увеличивается количество связей каждого нейрона, а также кровоснабжение мозга. Если говорить о людях, то результаты патолого-анатомических и прижизненных исследований свидетельствуют о том, что обучение повышает количество нейронных связей. Вследствие роста числа связей происходит раздвижение нейронов, вызывающее повышение объема и плотности мозга.

Следует отметить, что прижизненная МРММ, в частности МРММ обучения, находится на начальном этапе своего развития, но уже располагает фактами, получившими признание

научного сообщества, о чем говорят публикации в ведущих мировых журналах, например «Nature» и «Science». Поэтому есть основания ожидать дальнейшего плодотворного развития этой области знания.

Таким образом, можно обоснованно предположить, что обучение ведет к неспецифическим (не зависящим от конкретного изучаемого предмета) изменениям мозга. Результаты обучения на нейронном уровне для юриста, экономиста, психолога или математика будут одинаковы и будут зависеть, прежде всего, от способа обучения, реализуемого в конкретной дидактической технологии. Сложнее обстоит дело с выявлением материального субстрата мотивации к обучению. Мотивационные процессы обязательны в каждой конкретной деятельности, однако проявляются они в виде общей, неспецифической активации мозга, т. е. мозговой субстрат в любом случае будет одинаков. Для успешного обучения уровень активации не должен быть слишком низким или, напротив, избыточным – об этом свидетельствует нелинейная связь депрессии альфа-ритма с обучаемостью [46]. Таким образом, подход к измерению учебной мотивации лежит в области физиометрии, а именно в области исследования реактивных изменений биотоков мозга. Важным заделом данного направления являются исследования департамента науки и инноваций СГА, позволившие предложить концепцию вигоросности как сверхэнергичности, а также индекс функциональной образованности.

## **2.6. Неспецифическая активация мозга в процессе обучения**

Результаты любой деятельности человека, в том числе и обучения, зависят от его функционального состояния. В ряде исследований установлено, что при решении мыслительной задачи спектры ЭЭГ закономерным образом изменяются, об-

разуя специфические для данного вида когнитивной активности паттерны – характерные сочетания частоты, амплитуды и топографии отдельных спектральных составляющих [64]. Соответственно, такие паттерны могут быть использованы для анализа процесса обучения.

Одна из актуальных задач нейробиоэлектрики – согласование интенсивности учебной нагрузки и функционального состояния ученика. В результате проведенных в ИКН СГА исследований предложен методически простой количественный критерий, позволяющий объективно оценить функциональное состояние [34]. Оценка функционального состояния может быть проведена по характеру неспецифической активации мозга, на фоне которой протекает конкретная когнитивная деятельность. Уровень такой активации можно достаточно просто измерить. Инструментом измерения неспецифической активации может служить ЭЭГ, а критерием для оценки – уменьшение амплитуды альфа-ритма и соответствующий ему коэффициент депрессии альфа-ритма (ДАР). Кроме того, в целях прикладного мониторинга ЭЭГ-измерение уровня неспецифической активации можно заменить более простой процедурой – пульсометрией.

Как известно, изменения уровня неспецифической активации мозга отражаются в реактивных изменениях ЭЭГ, т. е. тех изменениях частотных и амплитудных параметров ЭЭГ, которые возникают в ответ на внешнюю стимуляцию. В частности, это эффект резкого падения амплитуды альфа-ритма ЭЭГ, который можно наблюдать при умственной нагрузке (депрессия альфа-ритма). Для объективной оценки степени депрессии альфа-ритма был предложен количественный критерий – коэффициент ДАР, рассчитываемый как величина снижения средней мощности альфа-диапазона по всем отведениям ЭЭГ при переходе от состояния спокойного бодрствования с закрытыми глазами к умственной нагрузке и нормированный на среднюю мощность альфа-ритма в спокойном состоянии [44].

Проведенные исследования показали, что коэффициент ДАР очень индивидуален и достаточно закономерно соотносится с когнитивными характеристиками, например со скоростью заучивания вербального материала. Количественный подход к оценке неспецифической активации мозга дал начало серии исследований, результаты которых уже на сегодняшний день можно применить в практике обучения.

В результате экспериментов удалось показать, что скоростные характеристики памяти тесно связаны с индивидуальным уровнем неспецифической активации мозга. Оказалось, что темп усвоения знаний (ТУЗ), измеряемый по специальной методике, оценивающей скорость запоминания новых слов [34]), определенным образом соотносится с коэффициентом ДАР, т. е. с выраженностью депрессии альфа-ритма при умственной нагрузке. Проявилась следующая закономерность: высокому ТУЗ соответствует средний, «оптимальный» коэффициент ДАР, снижение показателя ТУЗ коррелирует либо с уменьшением, либо с увеличением коэффициента ДАР [46]. Становится очевидным, что отставание в усвоении знаний может иметь прямо противоположные причины: либо недостаточную, либо избыточную активацию мозга.

Индивидуальным уровнем активации можно управлять, возвращая его в оптимальную зону. Для этого можно использовать тот факт, что в основе умственного утомления лежит снижение уровня активации. Так, при избыточной активации умственное утомление полезно, оно снижает уровень активации до оптимального. Педагогическая тактика в этих двух случаях должна быть вариативной: в одном случае целесообразны «активирующие приемы», в другом – необходимо стремиться к снижению уровня активации до оптимального уровня. Эффект такой оптимизации изучался в серии экспериментов, посвященных феномену умственного утомления. Инструментами управления со стороны педагога выступают режим возрастания (снижения) учебной нагрузки и специальные БОС-

тренинги (обучение саморегуляции на основе биологической обратной связи).

*Умственное утомление* – важнейший фактор, ограничивающий возможности человека в процессе трудовой и особенно учебной деятельности. Определить умственное утомление в виде стандартного набора признаков пока не удастся. Кроме того, определенная степень умственного утомления даже продуктивна, поскольку активизирует резервные возможности мозга. Иначе говоря, не исключено и положительное влияние умственного утомления на скорость и прочность усвоения учебного материала.

Феномен умственного утомления обычно изучают на модели операторской деятельности или других видов монотонных действий. Исследования, проводимые в Институте когнитивной нейрологии СГА, отличаются тем, что для моделирования умственного утомления был использован естественный повседневный вид умственной нагрузки – многочасовая работа на компьютере.

Оказалось, что главный критерий умственного утомления – возрастание альфа-ритма ЭЭГ и снижение КДА. Иначе говоря, умственное утомление связано со снижением исходного уровня активации мозга. Но это означает, что избыточную активацию, которая мешает обучению, можно устранить. Для этого потребуется длительная умственная нагрузка, стимулирующая умственное утомление. После интенсивной умственной нагрузки у испытуемых с избыточной активацией мозга значительно возросла мощность альфа-ритма и уменьшался КДА, т.е. умственное утомление возвращало мозг в зону «оптимального функционального состояния». Важно, что при этом возросла и скорость заучивания (по показателю ТУЗ). Таким студентам необходим режим нарастающей в течение дня учебной нагрузки, чередование нескольких дней интенсивных занятий с днем полного отдыха. Подобные рекомендации, возможно, противоречат привычному требованию систематичес-

кой, ежедневной работы, но они обоснованы физиологически, поэтому очень важно распознать таких студентов уже на этапе вступительного тестирования [36].

Для массового тестирования в учебном процессе индивидуального уровня активации предложен упрощенный метод, базирующийся на принципах вариационной пульсометрии. Суть метода заключается в сравнении параметра пульса в двух ситуациях: в состоянии покоя и при умственной нагрузке. Замедление пульса при умственной нагрузке свидетельствует о повышенном уровне познавательной активности с установкой на увеличение объема воспринимаемой и обрабатываемой информации. Ускорение пульса – признак «реакции избегания», пониженной познавательной активности, установки на минимизацию объема воспринимаемой и обрабатываемой информации. Отсутствие изменений – оптимальный для умственной деятельности уровень активации [36]. Таким образом, метод вариационной пульсометрии дает возможность определять индивидуальный уровень активации без громоздкой и дорогостоящей процедуры ЭЭГ-обследования.

## **Выводы по главе 2**

Целостное изучение субъекта обучения должно начинаться с фундаментальных основ его функционирования – нейробиологии. Собственно говоря, материальную базу обучения составляют десятки миллиардов нейронов, соединенных между собой чрезвычайно сложным, но упорядоченным образом. Разные отделы мозга играют свою специфическую роль при обучении. При этом впечатляет вариативность, согласованность и пластичность мозга. Мозг человека – сверхсложный и совершенный орган, появившийся в результате эволюции, и надеяться, что уже завтра мы раскроем все его тайны, безосновательно.

Хотя масштабное применение принципов нейродидактики для построения образования – дело будущего, многие

открытия находят или в скором времени найдут применение. Так, измерение индивидуального уровня неспецифической активации мозга (коэффициент депрессии альфа-ритма) позволяет оценить умственное утомление и регулировать учебную продуктивность обучаемого, обосновать, какие особенности образовательной среды необходимо обеспечить для эффективного обучения взрослых.

Человеческий мозг постоянно изменяется, и обучение – один из способов этого изменения. Подобно мышцам может расти и укрепляться благодаря тренировкам, т. е. образованию. Завеса над тайнами мозга приоткрыта нейронаукой, и это уже сейчас позволяет лучше понять связь обучения и моторики, причины, почему традиционные дидактические технологии не соответствуют механизмам кодирования запоминаний, как когнитивная нагрузка и утомление на самом деле влияют на успешность усвоения знаний и многое другое. Одна из актуальных задач нейродидактики – согласование интенсивности учебной нагрузки и функционального состояния ученика.

На сегодняшний день можно очертить перспективы дифференциальной дидактики, основанной на понимании нейронных механизмов обучения. Нейродидактика открывает перспективы концептуального проектирования образовательной технологии на основе объективных законов деятельности мозга, подлинной индивидуализации обучения, дифференциации и тьюнинга образовательной среды, повышения эффективности обучающих технологий на основе обратной нейросвязи, объективного отображения хода и результатов обучения.

## **ГЛАВА 3. КОГНИТИВНЫЕ СПОСОБНОСТИ – ЦЕНТРАЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА**

Главное отличие человека от животного в том,  
что он хочет знать.

*Аристотель*

### **3.1. Когнитивный треугольник в основании обучения**

Главное эволюционное предназначение мозга – познание (cognitionis) и связанное с ним обучение. Суть обучения составляют усвоение новой информации, формирование новых навыков и регуляции своей деятельности в зависимости от динамичных условий среды. Соответственно, обучаемость имеет особое значение как для индивидуальной жизни, так и для всего общества.

Под обучаемостью в широком смысле понимается совокупность индивидуальных возможностей к усвоению учебной информации, в том числе к запоминанию учебного материала, выполнению действий по ориентировке в задаче, ее решению и самоконтролю. Обучение человека в биологическом смысле имеет много общего с животными, однако есть и существенные особенности. Со времен Аристотеля важным признаком человека считаются его особые когнитивные способности и желание познавать. Обучаемость сопряжена со многими индивидуально-психологическими особенностями человека. Прежде всего, обучаемость определяется познавательными возможностями (особенностями сенсорных и перцептивных процессов, памяти, внимания, мышления и речи). В этом

смысле определение обучаемости включает в себя показатели темпа усвоения знаний и умений. Иногда под обучаемостью понимают специфические качества мыслительной деятельности: обобщенность мыслительных действий, направленность на абстрагирование, самостоятельность, способность к эффективному запечатлению информации, восприимчивость к педагогической помощи и др.

Согласно В.Д. Шадрикову, можно выделить девять основных видов психических процессов, каждый из которых может выступать в качестве способности: ощущение (сенсорные процессы), восприятие (перцептивные процессы), память (мнемические процессы), представление (представление как отдельный психический процесс), воображение (имажинитивные процессы), мышление (мыслительные процессы), внимание (аттенционные процессы) и психомоторные способности (психомоторные процессы) [97]. Причем за последние 50 лет накоплено достаточно доказательств того, что только около 10% успеваемости можно отнести к образовательной организации и преподавателям, а остальные 90% – к характеристикам, связанным со студентами [131].

Без понятия обучаемости не может быть построена современная дидактическая система. Успешность обучения во многом зависит от того, насколько образовательная технология способна учесть индивидуальные особенности обучаемых и как она раскрывает их когнитивные способности, составляющие обучаемость.

Центральным элементом способности к обучению являются процессы неспецифической активации головного мозга, а точнее, постоянный поиск баланса между возбуждением и торможением, усвоением информации и ее переработкой и т. п. Общие закономерности баланса активационных систем отражаются в стратегиях интеллектуальной деятельности, внимании и памяти (рис. 3.1). Вместе интеллект, внимание и память составляют основу способностей к обучению.



**Рис. 3.1.** Когнитивная пирамида в основании способности к обучению

Следует отметить, что разделение на указанные процессы достаточно произвольно, отражает дань традиции и используется в иллюстративных целях. В действительности в работе реального мозга все эти процессы протекают воедино: интеллект предполагает память и внимание, память требует внимания и логического кодирования и т. п.

### **3.2. Интеллект как центральная когнитивная способность**

Большинство исследователей интеллекта отмечают связь показателей интеллекта с социальным и экономическим благополучием населения [122]. Чем выше уровень интеллекта, связанный с получением высшего образования, тем больше

людей будут являться экономически благополучными. Это, в свою очередь, приводит к повышению общего уровня жизни в стране. Такой вывод очень важен для планирования развития содержания образования на всех его ступенях в отдаленной перспективе. Прогнозируемое повышение интеллектуального уровня обучающихся (как детей, так и взрослых) уже требует разработки соответствующих образовательных программ для школы и вуза.

Несмотря на более чем столетнюю историю интенсивного изучения, природа интеллекта в большей степени оказывается дискуссионной. Одни исследователи акцентируют внимание на том, что интеллект – способность учиться на опыте, помнить важную информацию и справляться с требованиями повседневной жизни способности [211]. Другие определяют интеллект через специфику деятельности нейронов, скорость реакции и т. д. [3]. Д. Векслер, один из самых влиятельных исследователей в области интеллекта, определил его как глобальную способность человека действовать целеустремленно, думать рационально и эффективно взаимодействовать с окружающей средой. Многие психологи отмечают, что интеллект имеет многостороннюю структуру. Например, Ч. Сноу выделяет шесть аспектов интеллекта: *мышление, основанное на знаниях; понимание; приспособительная целенаправленная борьба; аналитическое рассуждение; познавательная активность; идиосинкразическое обучение* [26].

А. Бине и Т. Симон, разработавшие первые тесты интеллекта современного вида, рассмотрели это свойство также широко, включив в свою интеллектуальную шкалу, ориентированную на измерение уровня развития ребенка, более сложные познавательные функции (запоминание, осведомленность, понимание и т. д.) [110]. По их мнению, человек, обладающий интеллектом, – это тот, кто правильно понимает и размышляет и может приспособливаться к обстоятельствам жизни благодаря своему здравому смыслу и инициативности.

Интеллект может рассматриваться как совокупность элементарных процессов переработки информации (Г. Айзенк, Э. Хант, Р. Штернберг и др.), как усвоение культурных способов (стилей) обработки информации (Дж. Бруннер, Л. Леви-Брюль, Л.С. Выготский, М.А. Холодная), как мера успешности поведения по адаптации к окружающему миру (Л. Терстоун, Р. Стренберг) и как средство и продукт обучения (А. Стаатс, К. Фишер, Р. Фейерштейн и др.).

Монометрический подход к пониманию природы интеллекта представляет интеллект как единую способность. Наиболее яркий представитель одномерного подхода к интеллекту – Г.Ю. Айзенк, выделявший три вида интеллекта, тесно связанных с подходами к объяснению его природы:

- биологический, под которым понимается нейронная и биохимическая основы познавательного поведения, в основном связанные со структурами и функциями коры головного мозга;

- психометрический, который определяется стандартными тестами измерения коэффициента интеллекта (IQ);

- социальный (или практический), проявляющийся в социально полезной адаптации, умении здраво рассуждать, эффективно решать повседневные задачи, памяти, обучаемости, понимании, обработке информации, выработке стратегий, приспособлении к окружающей среде.

В понятие «биологический интеллект» входят особенности функционирования структур головного мозга, отвечающие за познавательную активность. Еще со времен Ф. Гальтона полагалось, что высоким интеллектом отличаются люди, имеющие какое-либо природное, физиологическое превосходство, например более быструю проводимость раздражителя от рецепторов к мозгу, или более высокую скорость обработки информации, или более низкий (или высокий) порог чувствительности к уровню раздражения. В частности, предполагается, что уровень умственных способностей

зависит от количества ошибок, которые возникают при обработке и передаче информации в коре головного мозга на уровне синапсов: чем больше подобных ошибок, тем ниже коэффициент интеллекта.

В ходе современных психофизиологических исследований обнаружена корреляционная связь между психометрическим интеллектом, определяемым стандартными тестами интеллекта, и такими физиологическими показателями, как уровень сенсорного различения, время реакции, а также уровень слухового различения. Эти особенности в значительной мере связаны с наследственностью. Г. Айзенк полагал, что именно измерение уровня биологического интеллекта отвечает современной научной парадигме, так как все остальные виды интеллекта – социальный и психометрический – лишь следствие, внешнее проявление биологического интеллекта, который и является его основной детерминантой.

Психометрический интеллект – то, что измеряется с помощью тестов. Такое полушуточное определение дано интеллекту в 1920-х гг. известным психологом Э. Борингом. Несмотря на тавтологичность этого определения, в психометрическом определении имеется смысл, поскольку факторный анализ множества тестов определения специальных способностей показывает, что за понятием «психометрический интеллект» действительно стоит какой-то основополагающий фактор человеческой психики, определенным образом организующий ментальный опыт человека и отвечающий за эффективность переработки поступающей информации. По мнению Г.Ю. Айзенка, психометрический интеллект на 70% определяется влиянием генотипа, а на 30% – средовыми факторами (культурой, воспитанием в семье, образованием, социоэкономическим статусом).

Попытка уйти от жесткой детерминации интеллекта биологическими свойствами сделана Р. Стернбергом, концепция которого получила известность в конце 80-х – начале 90-х гг.

XX в. Интеллект, по Стернбергу, есть способность учиться и решать задачи в условиях неполного объяснения. Интеллект служит целям обеспечения отношений индивида с окружающей средой. Главная задача в ходе познания – отделить релевантную информацию от нерелевантной, сформировать из отобранной информации непротиворечивое целое. Р. Стернберг выделил три типа компонентов интеллекта, отвечающих за переработку информации:

- метакомпоненты, которые регулируют конкретные процессы переработки информации: признание существования проблемы; осознание проблемы и отбор процессов, пригодных для ее решения; выбор стратегии; выбор ментальной репрезентации; распределение «умственных ресурсов»; контроль за ходом решения проблем; оценка эффективности решения;

- исполнительные компоненты – процессы более низкого уровня иерархии. В частности, в так называемый процесс «индуктивного мышления» входят кодирование; выявление отношений; приведение в соответствие; применение сравнения; обоснование; ответ;

- компоненты приобретения знаний, обслуживающие метакомпоненты и исполнительные компоненты: избирательное кодирование; избирательное комбинирование; избирательное сравнение.

Весьма интересным является факт, установленный в результате экспериментов: испытуемые, решающие задачи на более успешно, тратят больше времени на планирование, выбор стратегии и кодирование условий задачи, чем на ее исполнение. Р. Стернберг сосредоточивает свой исследовательский интерес на внешних по отношению к интеллекту факторах, и поэтому на первый план у него неизбежно выходят избирательность, ресурс внимания, контроль и т. д., а собственно интеллект представляется через «исполнительные компоненты» и «стратегии», как это свойственно когнитивной ориентации в психологических исследованиях.

Позитивистский подход, ориентированный на получение знания экспериментальным путем, привел к появлению факторных моделей интеллекта. Общая *идея факторного подхода* [26] сводится к ряду положений:

- интеллект, как и любая другая психическая реальность, является латентным, т. е. он дан исследователю только через различные косвенные проявления при решении жизненных задач;

- интеллект есть линейное свойство (одномерное или многомерное), и поэтому может быть измерен;

- поведенческих проявлений интеллекта всегда больше, чем интеллектуальных свойств, т. е. можно придумать много интеллектуальных задач для выявления всего лишь одного свойства.

Следствием этих положений является принцип квазиизмерительной процедуры: чем труднее задача, тем более высокий уровень развития интеллекта требуется для ее правильного решения.

Одна из наиболее известных факторных моделей предложена Ч.Э. Спирменом, который предположил наличие некоего общего фактора интеллекта – фактора G. Теория Ч. Спирмена исходит из эмпирического наблюдения, что между результатами выполнения различных интеллектуальных тестов имеется положительная корреляционная связь: как правило, испытуемые, успешно выполняющие тесты на невербальное мышление, таким же образом проявляют себя в тестах с невербальными задачами. Кроме фактора G, Спирменом был выделен фактор S, характеризующий специфику того или иного вида интеллектуальной активности. Таким образом, модель Ч. Спирмена можно охарактеризовать как двухфакторную модель интеллекта. Таким образом, с точки зрения Ч. Спирмена каждый человек характеризуется определенным уровнем общего интеллекта, от которого зависит, как этот человек адаптируется к окружающей среде. Кроме того, у всех людей име-

ются в различной степени развитые специфические способности, проявляющиеся в решении конкретных задач такой адаптации.

В отличие от Ч.Э. Спирмена Л. Терстоун отрицал существование общего фактора G. По мнению Терстоуна, существует набор независимых способностей, которые определяют успешность интеллектуальной деятельности, он их назвал первичными умственными потенциями: S (*пространственная*); P (*восприятие*); N (*вычислительная*); V (*вербальное понимание*); F (*беглость речи*); M (*память*); R (*логическое рассуждение*). Соответственно, для оценки интеллекта индивида должен использоваться не единственный показатель, а профиль умственных способностей из нескольких показателей.

Во второй половине XX в. стало заметным доминирование подхода Ч.Э. Спирмена и включение в них идей Л. Терстоуна. Таким образом, начали оформляться иерархические теории интеллекта, например теория Д. Вернона, в которой выделяются три иерархических уровня. Интеллект может быть представлен пирамидой, в основании которой лежит около семидесяти узких способностей (спирменовские частные факторы), над ними – от восьми до десяти групповых факторов, или факторов второго порядка (первичные способности по Терстоуну), а на вершине – единый общий фактор (фактор G Спирмена). несколько позже, появились разновидности этой модели Джона Кэрролла [123] и Кевина МакГрю и Доуна Фланагана [141].

Одной из самых популярных стала модель интеллекта, предложенная Р.Б. Кеттелом [125] и Дж. Хорном [160]. Модель предполагает два фактора: Gf – «потенциальный» (или «текучий») и Gc – «связанный» («кристаллизованный»). По мнению Р. Кеттелла, у каждого из нас с рождения имеется «текущий» интеллект. Это совокупность способностей, которые используются индивидуумом для решения проблем адаптации к окружающей среде, позволяющие осуществлять гибкое и быст-

рое восприятие и обработку новой информации. Именно он лежит в основе нашей способности к обучению, индуктивно-му и дедуктивному мышлению, абстрагированию и рассуждению, распознаванию связей и закономерностей. Примерно к 1920 г. этот интеллект достигает своего наибольшего расцвета. Кеттелловский «текущий» интеллект напоминает фактор «общей умственной энергии» по Спирмену.

С другой стороны, формируется «кристаллизованный» интеллект, состоящий из различных навыков и знаний (лингвистических, математических, социальных и пр.), которые мы приобретаем по мере накопления жизненного опыта. «Кристаллизованный» интеллект образуется именно при решении возникающих проблем и связан с приобретением конкретных навыков. Чем больше знаний и опыта человек приобретает, тем большим становится запас его кристаллизованного интеллекта. Однажды приобретенное знание (как использовать компьютер, формулу площади фигуры и т. п.) сохраняется для дальнейшего использования. Кристаллизовавшийся интеллект отвечает за извлечение знаний и навыков из долговременной памяти и применение их в привычных условиях, где не требуется включения текучего интеллекта. Поскольку кристаллизованный интеллект тесно связан со словарным запасом, то часто он измеряется именно по уровню вербальных способностей. Обычно уровень кристаллизовавшегося интеллекта человека в различных жизненных областях разный. Кристаллизованный интеллект возрастает до наступления старости, после чего обычно начинается его снижение. В 1965 г., расширяя дихотомию Gf-Gc, Дж. Хонн вводит в структуру интеллекта дополнительный фактор скорости Gs – способность поддерживать высокий темп реагирования [159].

Совмещение кеттелловской теории подвижного и кристаллизовавшегося интеллекта и теории трех уровней Кэрролла позволило учесть накопленный к концу XX в. опыт эмпирических исследований. Этот подход известен как теория Кеттел-

ла – Хорна – Кэрролла и является одним из наиболее значительных в современной когнитивной науке [206]. Теория Кеттелла – Хорна – Кэрролла получила эмпирическую валидизацию применительно к образованию в ряде исследований, выполненных в США под руководством М.П. Карпенко: изучение лексической и грамматической сложности учебного текста как маркера когнитивной нагрузки и образованности, скорости чтения, емкости рабочей памяти и др. Согласно этой теории, можно выделить три уровня познания: ограниченные способности (1 уровень), широкие способности (2 уровень) и общеинтеллектуальные способности (3 уровень). Ограниченные способности входят в состав широких. Всего существует девять широких способностей (табл. 3.1).

*Таблица 3.1*

### **Типология способностей и ее эмпирическая валидизация в образовании**

| <b>Широкие и ограниченные способности согласно теории Кеттелла – Хорна – Кэрролла</b>                                                                                                             | <b>Возможности эмпирического исследования способностей студентов вуза</b>                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b>                                                                                                                                                                                          | <b>2</b>                                                                                                                                |
| Постижение знаний: вербальные способности, развитие языка, знание лексики, способность слушать, способность общаться, знание грамматики, скорость речи, способность к изучению иностранных языков | Роботизированная оценка наличия академических деликтов, качества профессионального содержания работы, грамотности, стилистики и др. [4] |
| Количественные знания: математические знания и способности                                                                                                                                        | Успеваемость по математическим дисциплинам                                                                                              |
| Способность к чтению и письму: дешифровка, осмысление прочитанного, скорость чтения, скорость письма                                                                                              | Лингвистическая оценка когнитивной сложности научно-учебного текста [69]                                                                |

Таблица 3.1. Окончание

| 1                                                                                                                                                                                                               | 2                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подвижный логический ход мысли: индуктивный логический ход мысли, общая последовательность рассуждения, дедуктивное рассуждение, скорость рассуждения                                                           | Логические схемы, дополнительные критерии ассесмента студенческих работ [34]                                                            |
| Кратковременная память: глубина памяти, емкость рабочей памяти                                                                                                                                                  | Темп усвоения знаний [14]                                                                                                               |
| Долгосрочное хранение и извлечение данных: ассоциативная память, выразительная память, скорость мышления, скорость ассоциаций, скорость выражения мнения, оригинальность, скорость речи, способность к изучению | Технологии глоссарного обучения [34]<br>Оценка динамики накопления знаний [49]                                                          |
| Визуальная обработка: визуализация, скорость завершения, гибкость завершения, визуальная память, пространственное мышление, интеграция восприятия, образность                                                   | Логические схемы (сложность, скорость)<br>Невербальные тесты интеллекта (Стандартные матрицы Равена, Культурно-свободный тест Кеттелла) |
| Слуховая обработка: фонетическое кодирование, локализация звука, восприятие музыки, память на звуковую структуру                                                                                                | Продуктивность аудиолекций                                                                                                              |
| Скорость познавательной активности: скорость чтения, скорость письма, скорость восприятия, уровень решения тестов                                                                                               | Скорость чтения лиц с различным уровнем образования [93]                                                                                |

Интересная теория множественного интеллекта создана Г. Гарднером [146], согласно которой есть много разных видов интеллекта, каждый из них важен по-своему и независим от других. Однако интеллект не просто явление, состоящее из многообразных способностей. Г. Гарднер определил интеллект в терминах компетентности: человеческая интеллектуальная компетентность включает в себя, по Гарднеру, набор навы-

ков решения проблем, давая возможность индивидууму решить проблемы или трудности, с которыми он сталкивается, и, когда это целесообразно, создавать эффективный продукт, а также включать потенциал для выявления имеющихся или формулирования новых проблем с тем, чтобы создать основу для получения нового знания. Всего Г. Гарднер выделил семь видов интеллекта: *лингвистически вербальный; логико-математический; пространственный; музыкальный; телесно-кинестический; интерперсональный (межличностный); интраперсональный (внутриличностный)*.

Когнитивный подход к пониманию интеллекта состоит в привлечении внеинтеллектуальных составляющих, имеющих объективные основания в виде мозговых процессов (регуляция, внимание, мотивация, «метакогниции» и т. д.). К современному когнитивному подходу относится идея включения когнитивных стилей в структуру интеллектуальных способностей. Понятие «когнитивный стиль» характеризует индивидуальные различия в способе получения, переработки и применения информации. Список выделенных когнитивных стилей у различных исследователей разный, но наиболее изученными в настоящее время являются полнезависимость-полнезависимость; импульсивность-рефлексивность; ригидность-гибкость когнитивного контроля; когнитивная простота-когнитивная сложность [86].

Таким образом, в последние годы интеллект все чаще рассматривается как интегральное явление, затрагивающее многие психические сферы. По мнению В.Д. Шадрикова, интеллект есть интегральное проявление способностей, знаний и умений. Способности, в том числе и интеллектуальные, имеют сложную структуру, отражающую системную организацию мозга, межфункциональные связи и деятельностный характер психических функций [97, с. 27–28]. Интеллект есть системное проявление познавательных способностей, для которых умственные способности выступают в качестве общего фактора

(общей способности), влияющего на другие способности. При этом интеллект рассматривается как врожденное качество индивида и свойство суперсистемы головного мозга [97, с. 129].

М.А. Холодная предлагает понимание интеллекта как совокупности ментального опыта, что напоминает понятие «кристаллизованный интеллект», по Р. Кеттеллу. Этот ментальный опыт организован в виде особых структур, прогнозируемого ими ментального пространства и строящихся в рамках этого пространства ментальных репрезентаций происходящего [86]. Критерии уровня интеллектуального развития личности связаны с тем, как человек воспринимает, понимает и объясняет действительность. Вслед за Р. Стернбергом М.А. Холодная выделяет минимум базовых свойств интеллекта:

- уровневые, характеризующие достигнутый уровень развития отдельных познавательных функций (как вербальных, так и невербальных), и презентации действительности, лежащие в основе процессов (сенсорное различение, оперативная и долговременная память, объем и распределение внимания, осведомленность в определенной содержательной сфере и т. д.);

- комбинаторные, характеризующиеся способностью к выявлению и формированию разного рода связей и отношений в широком смысле слова – способностью комбинировать в различных сочетаниях (пространственно-временных, причинно-следственных, категориально-содержательных) компоненты опыта;

- процессуальные, характеризующие операциональный состав, приемы и отражение интеллектуальной деятельности вплоть до уровня элементарных информационных процессов;

- регуляторные, характеризующие обеспечиваемые интеллектом эффекты координации, управления и контроля психической активности.

Важным вопросом для дидактики является уточнение связи интеллекта со скоростными характеристиками психической деятельности. Хотя позиция ряда исследователей со-

стоит в том, что образование должно дать одинаковые возможности ученикам как с «быстрым», так и с «медленным» стилем мышления [61], фактически образовательный процесс всегда ограничен временными рамками. Соответственно, эффективность образования до сих пор определяется в расчете на образовательные достижения за определенный период времени. Встает закономерный вопрос: имеет ли интеллект временное измерение?

Часть авторов, начиная с Ф. Гальтона [83], Дж. Кеттелла [105] и Г. Айзенка [170], считают скорость решения задач принципиальным показателем интеллекта. Исследователи обращают внимание на то, что интеллектуально одаренные люди действуют и думают быстрее, чем обладающие меньшим интеллектом. Используя биографический подход, Б.М. Теплов приводит примеры известных полководцев, проявивших свой талант в скоротечных условиях реального сражения и не показывавших выдающегося ума в спокойной обстановке штабного планирования [71]. Следуя этой логике, «ментальную скорость» нужно считать основой интеллекта. Этот подход так или иначе соотносится с биологическим объяснением природы интеллекта и апеллирует к механизмам нервной проводимости, нейронной структуре и функциям коры головного мозга. Так, согласно Г. Айзенку, в основе индивидуальных различий интеллекта лежат фундаментальные свойства морфофизиологической и биохимической организации мозга [170].

Современные данные подтверждают наличие связи между показателями скорости разного рода реакций выбора и умственными способностями, оцениваемыми по разным интеллектуальным тестам [26, 95, 128, 162, 171, 173]. В ряде исследований получены удивительно высокие корреляции между скоростью опознания стимула при тахистоскопическом предъявлении и показателем невербального интеллекта [86, с. 59]. С этих позиций интеллект предстает как оценка скорости информационных процессов мозга [162, 167, 207].

В то же время напрямую отождествлять скоростные показатели когнитивных реакций и интеллект не представляется возможным. Так, корреляция между скоростью выполнения заданий на классификацию и психометрическим интеллектом уменьшается с ростом показателей интеллекта [173]. С возрастом также ослабевает связь между показателями интеллекта и скоростью дифференцирования разных сигналов. Очевидно, это связано с возрастной специализацией мозговых морфофункциональных систем, обрабатывающих разные виды информации [173, с. 112]. Н.И. Чуприкова в связи с этим высказывает предположение о наличии в младших возрастных группах и при менее развитом интеллекте единой ментальной скорости, общей способности к дифференцированию разных сигналов. По мере возрастного развития (и, соответственно, развития интеллекта) эта общая способность дифференцируется, специализируясь применительно к разным свойствам сигналов и к разным задачам [173, с. 113]. Из этого следует, что представление о скоростной природе интеллекта более обосновано применительно к раннему детскому возрасту, чем к взрослым здоровым людям.

По мнению М.А. Холодной, теория «ментальной скорости» хорошо объясняет ту частную форму интеллектуальной активности, которая задействована в решении стандартных интеллектуальных тестов и которая определяется довольно специфическими умственными навыками. При выполнении серии тестовых заданий стандартного интеллектуального теста время правильных ответов, как правило, больше времени ошибочных ответов, т. е. большая затрата времени – это признак более продуктивной стратегии решения [86, с. 58–59].

С другой стороны, введение временных ограничений в тестах интеллекта дискриминирует людей с медленным стилем мышления и приводит к невалидности результатов. Так, по мнению Дж. Равена, уменьшая число заданий или вводя фактор времени, мы создаем неблагоприятные условия для

тех, чьи способности очень трудно оценить скоростными тестами [61, с. 9]. Кроме того, высказывается соображение, что интеллектуальные возможности человека не могут быть описаны единственным показателем в виде IQ, существуют различные интеллектуальные задачи и соответствующие им различные когнитивные процессы. Человек может иметь хорошие временные показатели для одних процессов и посредственные для других [86, с. 61].

Вероятно, для некоторых процессов или этапов когнитивной обработки скорость может играть отрицательную роль. Если при выполнении психометрических тестов по выборке в целом обычно наблюдаются положительные корреляции между скоростью и точностью (правильностью) ответа, то внутри отдельного испытуемого эти же показатели связаны отрицательно [162]. Также известно, что чем выше индивидуальный IQ, тем более замедленными оказываются умственные действия испытуемого на определенных стадиях интеллектуальной деятельности (в частности, на этапе построения репрезентации задачи, а также на этапе принятия решения) [86, с. 154]. Рефлексивные испытуемые (склонные к замедленному типу реагирования и большей точности ответов в ситуации принятия решения) в отличие от импульсивных испытуемых (склонных быстро принимать решения, допуская при этом значительное количество ошибок) характеризуются большей интеллектуальной продуктивностью [86].

Индивидуальные различия в выполнении образовательных задач и тестов могут объясняться не столько скоростью, сколько стратегиями интеллектуальной деятельности. Исследования, проведенные с помощью окулографии, показали взаимодействие факторов временного режима и результативности. При спешке испытуемые независимо от используемых стратегий снижают результативность примерно в одинаковой степени. Таким образом, индивидуальный уровень успешности мышления при неограниченном времени решения не

определяет величину сдвига результативности при введении ограничения времени. На ограничение времени испытуемые отвечают дополнительным умственным усилием (напряжением). При решении задач как с временным ограничением, так и без лимита времени группа «наименее успешных» испытуемых в среднем прикладывает меньше умственных усилий, чем остальные. Наименее успешные субъекты в условиях ограничения времени практически не повышают уровня прикладываемых усилий. Группа самых успешных в условиях временных ограничений и с временными ограничениями имеет наибольшую долю временных затрат на анализ условий задач. Эти испытуемые также меньше остальных при спешке склонны жертвовать длительностью процесса решения сложных задач.

В общем эти результаты совпадают с исследованиями Р. Стернберга, которому удалось установить, что испытуемые, имевшие более высокие оценки по тестам интеллекта, были более быстрыми в одних фазах, но более медленными в других [86, с. 61]. Очевидно, эти стратегии связаны с более или менее продуктивной затратой времени и наличных когнитивных ресурсов на решение задач. Так, исследование, проведенное Р. Хеиром с коллегами, показало, что уровень метаболизма глюкозы в коре в момент решения испытуемыми задачи теста Стандартные матрицы Равена или игры в компьютерную игру «Тетрис» у более интеллектуальных людей ниже. Этот вывод позволил предположить, что более интеллектуальные индивиды прикладывают меньше усилий, выполняя такие задания.

Таким образом, высокий интеллектуальный потенциал предполагает иной тип организации когнитивных процессов или их операционных механизмов [97, с. 63]. Высокоинтеллектуальные люди, по мнению М.А. Холодной, имеют не столько более сформированные механизмы переработки информации, сколько более совершенные механизмы регуляции наличных интеллектуальных ресурсов [86, с. 61].

Необходимо отметить, что на сегодняшний день изучение интеллекта во всем мире выходит за рамки академической психологии с ее преимущественным интересом к внутренней природе феномена интеллекта, появляются междисциплинарные исследования факторов интеллектуального развития, влияния обучения, в том числе раннего, на развитие интеллекта, связи интеллекта жителей одной страны (национального интеллекта) и экономической успешности стран и т. д.

Проблема интеллектуальных способностей человека является одной из наиболее значимых для практики обучения. В первую очередь, это связано с тем, что результат процесса обучения в значительной мере зависит от интеллектуальных способностей обучающегося, хотя важны и другие факторы: мотивация, социокультурные условия, стиль обучения и т. д. В течение веков теории и практики образования не оставляли мысли о построении такой образовательной технологии, которая бы учитывала индивидуальнее интеллектуальные способности обучающихся. На практике же все обычно сводилось к диагностике (тем или иным способом) этих способностей и последующему распределению учеников по уровням сложности обучения – от простых для наименее способных до сложных – для одаренных. Лишь в середине XX в. в теории образования распространилась идея о том, что интеллектуальные способности могут быть не только «сильнее» или «слабее», но и просто разными по типу обработки учебной информации.

Способности в практике обучения невозможно рассматривать изолированно от мотивационной составляющей. Многие недостатки способностей может компенсировать стремление к деятельности, к преобразованию действительности (вигоросность) [19] и к поиску нового [21]. Понимание этого позволяет подвергнуть сомнению саму необходимость и методы конкурсных отборов для поступления в вузы, для профессиональной деятельности и пр.

Таким образом, интеллект, несмотря на всю дискуссионность этого конструкта, является ценным теоретическим конструктом, позволяющим эффективно изучать и конструировать образовательное пространство. Реализация современных образовательных технологий невозможна без учета индивидуальных интеллектуальных способностей. Важной для дальнейшего рассмотрения является идея общего фактора интеллекта G. Вместе с тем следует учитывать и специфические аспекты мыслительной деятельности, свойственные образованию. Такой учет требует разработки самостоятельного метода оценки когнитивных способностей обучающегося, не сводящегося к копированию традиционных академических тестов интеллекта. Опираясь на уточненное (в целях дидактики) понимание интеллекта, необходимо исследовать его динамику в ходе обучения и связь с разными аспектами образовательной среды.

### **3.3. Внимание и его роль в обучении**

Внимание выступает своеобразным фильтром, контролирующим количество и характер информации, которую получает индивид. Современная коммуникационная среда представляет собой истинный хаос: помимо обучения и личного повседневного общения студент получает огромное количество информации из СМИ, социальных медиа и т. д. Количество только рекламных объявлений, с которыми ежедневно сталкивается городской житель, колеблется от нескольких сотен до шести тысяч [9, с. 216]. В целом информационное меню современного человека, включающее чтение и прослушивание учебных продуктов, «серфинг» в Интернете, просмотр телеканалов, попадание в поле зрения наружной рекламы, обращение внимания на звуковые объявления и просмотр газет, представляет собой неструктурированный, плохо связанный между собой поток информационных сообщений. С

одной стороны, человека интересует окружающий мир, с другой – индивид явно или неумышленно избегает попадать под воздействие информационных раздражителей.

Суть привлечения внимания есть борьба с информационным хаосом. Для образования проблема «выключения внимания» ученика – традиционно одна из самых обсуждаемых среди педагогов. Если раньше учителю приходилось конкурировать с «воронами за окном» и фантазиями ученика, то теперь добавились информационно-агрессивные мобильные приложения. Указка, столетиями используемое средство управления вниманием, уже не дает необходимого эффекта и не применима в дистанционном образовании.

Фильтр внимания работает при различных уровнях произвольности (осознания). Первым уровнем является процесс *активного поиска*, при котором получатель действительно ищет информацию. С этой целью он может спрашивать мнение друзей или просматривать журналы, которые обычно не читает. Другой уровень можно определить как *пассивный поиск*. Получатель ищет информацию только по тем источникам, с которыми он сталкивается в повседневной жизни. Последний уровень можно назвать *пассивным вниманием*. Получатель имеет небольшую потребность в информации и не делает никаких сознательных усилий для ее получения. Тем не менее часть информации все же может поступить к нему, прежде всего, за счет «ориентировочного рефлекса».

При прочих равных условиях любая информация – и слова, и образы – чуть быстрее воспринимается и комплексно оценивается правым полушарием. До того как информация станет доступной затратному и медленному сознанию, она будет отобрана или отвергнута правополушарным фильтром. Базовые закономерности внимания основаны на ориентировочном рефлексе, лежащем в основе непроизвольного внимания. Так, для борьбы с сенсорной адаптацией нужен все более и более сильный стимул, чтобы ученик мог обратить свое вни-

мание на его источник. С целью активизации непроизвольного внимания используют разнообразные приемы. Эту цель преследуют чрезмерные сенсорные сигналы, которые призваны как бы «сломать» привычное восприятие, заставить ученика задержать свой взгляд [87]. Средства привлечения внимания объекта воздействия могут содержаться как в самом речевом тексте (устном или письменном), так и за его пределами (использование в качестве носителя сообщения интересного коммуникатора, модной темы и т. д.).

В соответствии с *теорией уровня адаптации* Гарри Хелсона существует не только основной стимул, детерминирующий восприятие, но и контекстуальный (фоновый) и остаточный. В процессе восприятия индивидуум научается ассоциировать набор стимулов с некоторой опорной (базисной) точкой, называемой *уровнем адаптации*. Внимание возникает тогда, когда имеется заметная девиация параметров объекта от этого уровня. Например, если человек в течение некоторого времени держит руку в горячей воде, рука адаптируется к этой температуре и другая температура воды будет восприниматься уже относительно той, к которой возникла адаптация. Поэтому теплая вода может восприниматься как более холодная для индивидуума, у которого возникла адаптация к горячей воде. Теория уровня адаптации предполагает, что та информация, которая значительно отличается от уровня адаптации аудиотории и ее ожиданий, привлекает внимание [156].

Г. Хелсон изучил формирование уровня адаптации у человека в зависимости от различных раздражителей, таких как интенсивность света и цвет. Он обнаружил эмпирически, что среднее взвешенное значение логарифма различных использованных стимулов позволило получить надежный прогноз уровня адаптации. Использование логарифма обосновывается тем, что очень интенсивный стимул не может доминировать при оценке уровня адаптации, при котором необходимо исключать другие интенсивности. «Закон Вебера», названный

так в честь психофизиолога XIX в., также предполагает, что степень, до которой стимулы будут рассматриваться как различные, будет зависеть не от абсолютного изменения интенсивности стимула, а от его изменения относительно некоторой точки отсчета.

Наиболее ценные прикладные исследования внимания, которые могут быть использованы применительно к телеобучению, выполнены в сфере дизайна, рекламы и журналистики. Например, Е.В. Прохоров отмечает необходимость учета в массовой коммуникации следующих принципов организации внимания [60, с. 121]:

- **принцип настороженности** – информация, несущая сведения об угрозе, затрагивающая жизненные интересы реципиентов, принимается быстрее и осмысливается полнее, оказывает наивысшее воздействие;

- **принцип резонанса** – информация, соответствующая запросам и интересам реципиентов, воспринимается легко, быстро, правильно;

- **принцип защиты** – информация, не связанная с нуждами или тем более противоречащая им, осваивается медленно и плохо, подвергаясь при этом искажениям.

Обобщая подходы разных авторов, можно выделить несколько способов привлечения внимания, которые могут быть использованы педагогами при формировании учебного контента.

**1. Варьирование физическими характеристиками стимула.** Параметрами стимула, определяющими внимание, являются размер, интенсивность, положение. Например, внимание может быть привлечено размером и яркостью информационного модуля. Частым приемом является использование шрифта большого размера и набор фраз ЗАГЛАВНЫМИ БУКВАМИ.

Разноцветная гамма обычно предпочтительнее черно-белого исполнения. При использовании палитры из четырех цветов для информационных сообщений, расположенных

на одной-двух страницах, число читающих на 50% превышает число читающих такую же информацию, выполненную в черно-белом цвете. Расположение также имеет значение. Левая сторона страницы и верхняя половина немного меньше привлекает внимание из-за укоренившейся привычки людей к чтению. Контроль оптимальности оформления образовательных продуктов может быть проведен с использованием технологии айтрекинга.

В целом телеобучение за счет мультимедийности и постоянно развивающихся технологий виртуализации и геймификации обеспечивает существенно большие возможности для когнитивного обогащения образовательной среды. Разнообразные виды учебных занятий (их число существенно больше, чем в традиционном контактном обучении) способствуют предупреждению сенсорной адаптации.

**2. Варьирование содержанием («Информационная яркость»)** и включает такие характеристики стимула, как новизна, соответствие потребностям, эмоциональность (положительные и отрицательные эмоции), юмор, сложность (затейливость).

Такие характеристики информации можно определить как **«выпуклость»** – качество информационного сообщения, заключающееся в его заметности и легкости усвоения для обучаемого. Новизна, размер, яркость, цвет, сложность объекта – все это характеризует «выпуклую» информацию. В социальных ситуациях в качестве таких выпуклых фигур предстают люди и явления необычные, девиантные. «Выпуклая» информация имеет «сверхпредставленность», т. е. ей придается непропорционально большая роль в объяснениях. Причем направленность внимания на «выпуклые» объекты слабо контролируется сознанием [5].

Экспериментальные исследования позволили уточнить требования к «яркой» информации с точки зрения привлечения внимания: она должна быть, скорее, конкретной, чем абстрактной, образной, эмоциональной, подробно описывать

объекты, действия, ожидаемые результаты в конкретной обстановке. Считается, что сообщение, использующее точные выражения, конкретные, специальные термины, привлечет больше внимания по сравнению с использующей избитые клише и абстрактные фразы.

Для содержательной яркости в системе телеобучения целесообразно разбивать информацию на содержательные блоки, соответствующие естественным интервалам сосредоточения внимания (юниты и учебные модули). В этом случае обучаемый получает возможность настраивать свой повседневный план обучения, регулируя количество изучаемых блоков и выбирая оптимальную для себя стратегию чередования разных дисциплин.

**3. Варьирование контекстом.** Этот способ основан на манипуляции фреймами (своеобразными психологическими рамками, задающими общую направленность мыслей и действий), создающими контраст. В этом смысле фреймы относятся к когнитивному контексту того или иного события или переживания. Они оказывают огромное влияние на то, как мы интерпретируем отдельные переживания и события, как реагируем на них, поскольку выполняют функцию «расстановки акцентов» в этих переживаниях и направляют наше внимание [87]. Примером контекстного варьирования в телеобучении служит вовлечение в учебный процесс внешних информационных ресурсов – социальных сетей, научных и профессиональных новостных порталов и т. д.

**4. Вербальные инструкции** (побуждение). Примером таких инструкций могут быть хорошо знакомые нам побуждения учителя: «Посмотрите на этот рисунок...». Такие инструкции весьма эффективны не только в реальном общении, но и в ходе дистанционных лекций, вебинаров и т. д. Интересно, что на современном этапе развития роботизированного онлайн-обучения тоже появились подобные вербальные инструкции.

5. *Динамика* (смена образов, звуков, цветов, приемов изображения, использование движущихся образов, изменение темпа подачи стимулов, использование пауз). Важной особенностью телеобучения, которая должна быть использована при создании учебных продуктов, является интерактивность, отвечающая базовой потребности индивида в активности.

Современное обучение, таким образом, имеет возможность использовать как традиционные методы управления вниманием, так и инновационные, связанные с совершенствованием компьютерных технологий виртуализации. Помимо развития внимания в ходе обучения могут быть применены специальные методы тренировки на основе БОС. Кроме того, в рамках телеобучения появляется возможность постоянного индивидуального измерения уровня концентрации внимания путем фиксации ряда биологических параметров – от движений глаз и динамики пульса до элементарных учебных действий обучаемого.

### **3.4. Память**

Память является основой психической жизни человека. Примитивное понимание дидактики сводит обучение к запоминанию суммы различных сведений. На сегодняшний день запоминание является центральным когнитивным процессом лишь для одной из фаз обучения – меморайзинга. Вместе с тем память имеет значение для всех учебных фаз.

По сути, память не единое явление, а три разных процесса, имеющих различные нейронные основы: *запоминание*, *сохранение* и *воспроизведение*. Например, существуют факторы, снижающие запоминаемость, но улучшающие вспоминание. Так, запоминаемость конкретного понятия может снижаться вследствие эффекта интерференции, если растет число ассоциаций с этим понятием. С другой стороны, такие ассоциации могут выполнять и роль подсказок для вспоминания [8].

Человеческая память по своей природе является, прежде всего, реконструирующей: мы не записываем буквальную трансляцию прошлых событий, подобно магнитофону или видеомагнитофону, а вместо этого воссоздаем многие наши воспоминания из кусочков и частей, которые можем вспомнить, а также из ожиданий того, что должно было быть.

В психологии существует несколько классификаций видов памяти, построенных на разных основаниях. По характеру психической активности, преобладающей в деятельности, выделяют двигательную, эмоциональную, образную и словесно-логическую память.

**Двигательная память** связана с запоминанием и реализацией отдельных движений и целостных двигательных актов.

**Эмоциональная память** – память на аффективные переживания. Эмоции выполняют важную функцию, сигнализируя о неосознаваемых результатах познавательной деятельности субъекта, о достижении целей выполняемой деятельности и в целом об изменениях в процессе взаимодействия человека с окружающим миром. Зафиксированные однажды в памяти эмоциональные переживания могут побуждать или, наоборот, предостерегать человека от совершения какого-либо действия. Отличительная особенность эмоциональной памяти по отношению к другим видам – ее прочность, так как часто единственным воспоминанием о событии выступают пережитые чувства.

**Вербально-логическая память** – память на слова, мысли, суждения, умозаключения, это специфически человеческая память. Она представляется особо ценной в образовании, именно в этой сфере долгое время выделялись основные результаты обучения в традиционной дидактике. В словесно-логической памяти закреплено отражение предметов и явлений в их существенных свойствах, связях и отношениях. Вербально-логическая память, связанная с функцией левого полушария, может быть схематично представлена в виде множества линейных цепей, каждое звено которых соединено, как правило,

не более чем с двумя другими (предшествующим и последующим). Сами же цепи соединяются между собой тоже только в отдельных звеньях [66]. Этот принцип часто используется для измерения образовательных результатов.

Среди видов памяти выделяют также **образную память**. Она бывает нескольких типов и различается по роли ведущего анализатора. В силу этого еще одним основанием для классификации мнемических явлений выделяют «модальность». По **модальности** различают зрительную, слуховую, осязательную, обонятельную и вкусовую память.

В отличие от логико-вербальной образная память опирается на густое сплетение множества взаимосвязанных, расположенных в многомерном пространстве звеньев. Поскольку каждое звено взаимодействует одновременно с многими другими, формируется сложная сеть переплетающихся связей, которые отчасти перекрывают друг друга. Естественно, чем больше точек опоры, тем меньшее значение имеет каждая из них. В результате выпадение какого-либо звена или даже нескольких звеньев не способно разрушить всю структуру и дезорганизовать всю систему, которая в целом сохраняется за счет других звеньев со всеми их бесчисленными связями. Это дает образной памяти большие преимущества как в «себестоимости» усвоения и хранения материала, так и в его объеме и прочности фиксации [66].

Некоторые люди обладают эйдетической (фотографической) памятью, которая позволяет воспроизводить ранее увиденное так же отчетливо, как они видят мир. Возможно, в детстве мы все обладали такой памятью. Выявлено, что до 50% пятилетних детей способны «считывать» информацию с мысленного образа, как если бы он был перед глазами. Например, посмотрев на изображение зебры, ребенок может закрыть глаза и сосчитать полосы на ее спине [200, с. 103].

Многие аспекты памяти имеют неосознаваемый характер [7, с. 59–62], и, хотя содержание памяти можно осознать, само

хранение этого содержимого, а также закономерности запоминания и воспроизведения обычно не поддаются волевому контролю. Осознаваемые и неосознаваемые проявления памяти в обучении приведены в табл. 3.2.

*Таблица 3.2*

**Осознаваемые и неосознаваемые проявления памяти  
в обучении [7]**

| <b>Проявления памяти в обучении</b>              |                                                                           |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>осознаваемые</b>                              | <b>неосознаваемые</b>                                                     |
| Кратковременная память                           | Долговременная память                                                     |
| Фокальный контент (информация в центре внимания) | Периферический контент (ранее знакомый, информация на периферии внимания) |
| Декларативная память (факты)                     | Процедурная память (факты)                                                |
| Управляемые задачи                               | Спонтанные/автоматические задачи                                          |
| Вспоминание                                      | Узнавание                                                                 |
| Эксплицитные умозаключения                       | Автоматические умозаключения (эвристики)                                  |
| Автобиографическая память                        | Семантическая память (концептуальное знание)                              |

Работе механизмов памяти, различным эффектам ее функционирования посвящено большое количество литературы по психологии. Одним из первых исследователей процессов запоминания, узнавания, воспроизведения считается Г. Эббингауз, известный разработанным им методом бессмысленных слогов в качестве стимульного материала. Хотя Г. Эббингауз и не предложил собственной теории, его эмпирические исследования стали классическими образцами изучения памяти человека. После Эббингауза в данной области обнаружено множество разных эффектов, предложены модели строения памяти, разработаны новые методы исследования и разные мнемотехнические приемы, но, бесспорно, именно работы не-

мецкого ученого заложили основу всех научных изысканий в этой сфере.

Первые *модели памяти* содержали в себе идею разделения памяти на первичную и вторичную (например, теоретическая модель Н. Во и Д. Нормана, предложенная исследователями в 1965 г.). Во и Норман полагали, что хранилище первичной памяти имеет ограниченный объем. Но ограничения, наложенные на возможности первичной памяти, связаны не только с фактором времени. Информация из первичной памяти исчезает не столько вследствие затухания, сколько в результате интерференции со стороны вновь поступающей информации. Иначе говоря, «старые» элементы преобразуются в «новые», а обучение включает в себя не только запоминание нового, но и редактирование уже усвоенного ранее. Этим во многом и объясняется известный образовательный эффект, когда овладение знаниями вызывает изменение в интерпретации ранее известных явлений и даже приводит к изменению мировоззрения.

В 60-е гг. XX в. большинство работ в когнитивной психологии так или иначе были ориентированы на выделение трех совместно работающих функциональных блоков в организации памяти человека. В блоке *сенсорной регистрации* информация хранится непродолжительное время в полном объеме в виде модально закодированных физических признаков стимуляции. Блок *кратковременной памяти* – это хранилище, ограниченное по объему, где информация хранится несколько десятков секунд и кодируется в вербально-акустическом виде. Длительность хранения в кратковременной памяти обусловлена проговариванием, перекодированием, выбором способа запоминания и некоторыми другими факторами, способствующими переводу информации в долговременное хранение. Наконец, третьим функциональным блоком является *блок долговременного хранилища*, объем и время хранения информации в котором не ограничены, а информация представлена в форме семантических кодов [1].

В 1968 г. Р. Аткинсон и Р. Шиффрин предложили вариант трехкомпонентной модели памяти, считающийся классическим. В рамках этой модели описывались как структурные составляющие памяти, так и когнитивные процессы управления (рис. 3.2). С помощью модели Р. Аткинсона и Р. Шиффрина удалось теоретически обобщить множество феноменов памяти, внимания и восприятия.



Рис. 3.2. Модель памяти Р. Аткинсона и Р. Шиффрина

Согласно данному подходу, существуют три разные, но связанные между собой системы памяти:

- сенсорная – временное хранилище информации от органов чувств;
- кратковременная (оперативная) – включающая информацию, обрабатываемую в данный конкретный момент;
- долговременная.

**Сенсорная память** представляет собой обработку информации из внешней среды, которая первоначально попадает в соответствующее сенсорное хранилище, названное «сенсорный

регистр». Этому этапу соответствует первичное восприятие образовательного контента. «Сенсорный регистр» – это родовое понятие для видовых форм модальной репрезентации. Существуют зрительный сенсорный регистр, слуховой и т. д. Каждому виду модальности соответствует свой вид сенсорной регистрации или ультракратковременного хранения. В экспериментальных исследованиях Дж. Сперлинга было показано существование «очень быстрой» памяти для зрительной модальности, названной впоследствии У. Найссером «иконической». В иконической памяти, выполняющей функцию зрительного сенсорного регистра, вся поступающая в данный момент времени визуальная информация хранится в форме полного описания физической стимуляции в течение примерно 250–300 мс.

Для слуховой модальности сенсорная регистрация происходит в эхоической памяти, где след сохраняется до 4 с [1]. Затем информация либо стирается («угасает»), либо переводится в кратковременное хранилище, где сохраняется на десятки секунд в форме вербально-акустического кода.

Интересно, что современные коммуникационные технологии меняют определенные аспекты работы нашего мозга. Так, учеными замечено почти полное исчезновение эйдетизма (детальной зрительной памяти на исчезнувшие сцены) у детей в связи с широким распространением телевидения [50]. Следует, очевидно, предположить, что распространение телеобучения также приведет к появлению системных изменений мнемической сферы населения.

**Кратковременная память**, по мнению Р. Аткинсона и Р. Шифрина, – это активно функционирующая система. Информация сохраняется до тех пор, пока находится в обработке (размышление, проговаривание и т. д.). Удлиняя процесс обработки, можно увеличить срок хранения информации в кратковременной памяти. Для этой цели служат такие дидактические приемы, как повторение, примеры изучаемого явления, контрольные вопросы, глоссарный тренинг и др.

Специфичными для кратковременной памяти являются именно активные процессы: вербализация материала, перекодирование, принятие решения, выбор способа запоминания и т. д. Проговаривание выполняет функцию «вербального кольца»: оно позволяет сохранять информацию в кратковременном хранилище и переводить ее в блок долговременной памяти. Чем дольше сохраняется некоторый материал в кратковременной памяти, тем более прочным оказывается след в долговременной памяти. Результаты многочисленных исследований так и не позволили точно определить время хранения информации в кратковременной памяти. Считается, что кратковременная память сохраняет информацию от нескольких секунд до нескольких минут, хотя некоторые исследователи исчисляют время хранения несколькими часами [1].

Считается, что объем кратковременной памяти равен  $7 \pm 2$  единицам информации. Это так называемое «золотое», или «магическое», число Джоржа Миллера, предложенное им в 1956 г. Такое число применимо к самым разнообразным элементам: цвету, коротким словам, цифрам, музыкальным нотам и т.п. Это число часто приводят при описании когнитивных процессов, однако обычно нет никаких эмпирических подтверждений его использования. Если у нас нет возможности мысленно повторять элементы в кратковременной памяти, то ее емкость падает примерно с семи элементов до четырех [7]. Если учитывать размеры мозга, такие функциональные границы кажутся слишком узкими. Они удивительно малы по сравнению с возможностями компьютера.

Говоря об объеме памяти, не совсем понятно, что считать единицей информации? Ведь если испытуемым предъявляется стимульный ряд, состоящий из какого-то количества букв с последующим их воспроизведением и в другом случае слова, то количество воспроизведенных стимулов будет примерно одинаковым. Но очевидно, что в семи словах букв на порядок больше, чем семь, следовательно, во втором случае человек запоминает больше информации, чем в первом? [1].

Ответ на этот вопрос можно получить, рассматривая следующий пример, приведенный на рис. 3.3. Как показывают эксперименты, оптимальное количество запоминаемых элементов примерно одинаково и для отдельных букв, и для целых слов. Что может быть общего между отдельными знаками (буквами), взятыми сами по себе, и отдельными словами, состоящими из букв? И отдельные буквы, и отдельные слова образуют мыслеобразы. Понятие мыслеобраза предложено проф. М.П. Карпенко и отражает нейронные принципы кодирования информации мозгом. Так, при запоминании мозг не дробит информацию на элементы, а записывает мыслеобраз целиком [36]. Соответственно, оба ряда из приведенного примера содержат полноценные информационные единицы – мыслеобразы, и именно мыслеобразами может быть измерена емкость оперативной памяти.

| A   | F    | V     | L     | Z      | M       | R        |
|-----|------|-------|-------|--------|---------|----------|
| Дом | Нога | Русло | Книга | Звезда | Процент | Электрон |

Рис. 3.3. Примеры информационных элементов, соответствующих мыслеобразам

**Долговременная память** – самая сложная из систем памяти. Она дает нам возможность «жить в двух мирах одновременно – в прошлом и настоящем – и, таким образом, позволяет разобратся в нескончаемом потоке непосредственного опыта». Информация передается из кратковременной памяти в долговременную, если индивид думает о значении стимула и соотносит его с другой хранящейся в памяти информацией. Экспериментальные данные не всегда подтверждают возможность различения кратковременной и долговременной памяти, однако когнитивные теории пользуются этим различием [8].

Емкость эпизодической (о событиях прошлого) и автобиографической памяти составляет  $10^9$  бит. Информация хра-

нится в долговременной памяти в виде смысловых структур. Сама долговременная память не имеет ограничений на время хранения информации: ее следы не подлежат распаду и сохраняют преимущественно семантическую информацию в течение месяцев и лет. Существуют вполне обоснованные предположения, что сон (особенно парадоксальный) играет важную роль в механизмах долговременной памяти [67].

Открытие структурных изменений нейронов при обучении позволило предположить, что главную роль в формировании долговременной памяти играет синтез белков. В настоящее время эта гипотеза подкреплена убедительными данными, и можно считать, что для записи следа памяти используется сложная цепочка биохимических превращений, необходимая для образования новых синаптических контактов. Но как происходит поиск вновь образовавшихся синапсов при воспроизведении следа памяти?

Не исключено, что, выполняя операции записи и воспроизведения, мозг использует свои биохимические и электрические свойства в разной пропорции. Точнее, если запись следов памяти происходит «биохимически», то их поиск и воспроизведение – «электрически». Согласно этой гипотезе (автор – проф. М.П. Карпенко), новые понятия записываются в виде *мыслеобразов*, объединяющих конкретную (образную) и абстрактную стороны нового понятия или явления.

Процесс запоминания связан с кодированием информации. Большинство воспоминаний первоначально кодируются гиппокампом – небольшим ядром лимбической системы. Недавние сознательные воспоминания, очевидно, хранятся гиппокампом, оттуда они перенаправляются в долговременную память, за которую отвечает кора больших полушарий. Иногда этот процесс передачи занимает около трех лет [42, с. 99]. Соответственно, логика обучения в вузе и переподготовки и повышения квалификации должна быть построена с учетом этого трехлетнего цикла.

Если бы мозг был устроен как библиотека, нам давно перестало бы хватать полки, как это нередко бывает с библиотеками. Всякий раз, когда мы вспоминаем тот или иной объект, лицо или сцену, наше сознание получает не точную копию оригинала, а скорее его интерпретацию – заново реконструированную версию, которая с возрастом и опытом постепенно эволюционирует [42, с. 135].

Необходимо подчеркнуть, что мозг человека кодирует информацию принципиально иначе, чем компьютер. Мозг не дробит информацию на элементарные единицы, превращая ее в двоичный код. Мозг записывает не отдельные элементы, а мыслеобраз в целом. Так же и при воспроизведении: мозг не собирает нужную информацию из разрозненных фрагментов, мыслеобраз извлекается сразу целиком. Иначе говоря, единицей записи в мозге можно считать мыслеобраз.

Если гиппокамп записывает сознательные воспоминания, то бессознательные воспоминания записывает и хранит миндалина. Когда мы вспоминаем что-то, система, связанная с гиппокампом, вызывает в нашей памяти осознанные образы, в то время как система, связанная с миндалиной, может вызывать своего рода физические воспоминания, воспроизводя состояние тела (например, учащенное сердцебиение, потение рук и т. п.), возникшее при получении опыта, который мы вспоминаем [42, с. 99]. Если традиционная дидактика сравнительно хорошо оперирует сознательно запоминаемой информацией, то роль бессознательной системы часто не рефлексивируется. Видна особая роль типа образовательной среды: прочность знаний и применимость знаний и навыков, полученных за партой в аудитории традиционного кампуса, будут заметно ниже тех, которые получены в ходе телеобучения на рабочем месте или путем симуляции профессиональной среды.

Обратный процесс – припоминание – заключается в последовательном возбуждении ряда областей головного мозга, т. е. в мозгу нет конкретных образов, а есть средства, позволя-

ющие такой образ реконструировать. В мозговом отображении прописан не портрет, а определенный план возбуждения нейронов. Образы не располагаются в каком-то определенном участке головного мозга – они распределены по всему мозгу. Воссоздаются они в сознании только в тех или иных аспектах, и только на определенный промежуток времени [42].

Известный исследователь памяти С. Роуз признал, что память – это свойство всего мозга и даже целого организма. В нейрофизиологии эта мысль трактуется как участие в запоминании и воспроизведении распределенных нейронных сетей. Учитывая, что любая нейронная сеть формируется за счет образования новых синапсов и изменения структуры уже имеющихся синапсов, носителем памяти можно считать именно синапс. Запись мыслеобраза в синапсе происходит химически: каждый мыслеобраз кодируется уникальным сочетанием и концентрацией нейромедиаторов. Классический принцип Дейла, согласно которому в одном синапсе может выделяться только один медиатор, пересмотрен. Оказалось, что в синаптических окончаниях действуют различные сочетания медиаторов и пептидов. В этом контексте «нейросеть» следует понимать как формирование на разных уровнях мозга «синапсов-близнецов», их синхронная активация приводит к извлечению из памяти нужного мыслеобраза. Соответственно, важно представить, за счет каких физиологических механизмов это происходит.

В классическом понимании сеть нейронов, по-видимому, нельзя считать достаточно надежной. Если нейросеть устроена как иерархическая электропроводка, достаточно гибели нескольких промежуточных нейронов, и оставшиеся клетки тоже должны погибнуть либо переключиться в другие нейронные цепи и сети. Отсюда возникает необходимость пересмотреть принципы связи между нейронами, обеспечивающими их синхронную активацию. Согласно гипотезе проф. М.П. Карпенко, воспроизведение мыслеобраза основано не на «облегчении

проведения» в сети, а на резонансных явлениях, позволяющих мгновенно и надежно активировать распределенные «синапсы-близнецы». Преимущества этого механизма можно оценить в аналогии с сотовой и проводной телефонной связью.

При записи мыслеобраза нейрон получает уникальный код-адрес, например узкополосный диапазон электрической активности. При этом распространяющиеся волны суммарной электрической активности мозга могут выполнять роль «сканера», считывающего и фильтрующего адреса нейронов и синапсов. При забывании стирается именно эта электрическая маркировка, служащая адресом для извлечения.

Механизм синхронного возбуждения может быть также связан с резонансными явлениями в белковых молекулах мембран нервных, рецепторных и других клеток, образующих единую функциональную систему. В связи с этим исследователи не должны пренебрегать никакими биологически значимыми сигналами, которые удастся регистрировать в головном мозге. Например, до настоящего времени не изучены составляющие электромагнитных сигналов, а также сигналов, генерируемых в мега- и гигагерцовом диапазоне ЭЭГ. Один из возможных путей исследования этого вопроса открывает метод статистического анализа ЭЭГ [23].

Интересные результаты получены при сравнении параметров ЭЭГ, записанной в двух ситуациях: при заучивании и при воспроизведении вербальной информации (пары слов на русском и латинском языках, модификация методики ТУЗ). Как и следовало ожидать, мощность альфа-ритма ЭЭГ заметно уменьшалась как при запоминании, так и при воспроизведении слов. Но с другими, более быстрыми ритмами мозга происходило обратное: мощность их возрастала, причем особенно сильно именно при воспроизведении заученных слов. Таким образом, был найден нейрофизиологический маркер процесса извлечения информации из памяти – высокочастотная электрическая активность мозга.

В тех же самых условиях проанализирован другой показатель ЭЭГ – *когерентность* (показатель синхронности работы разных зон коры головного мозга). Оказалось, что при извлечении информации из памяти разные области коры работают гораздо более синхронно, чем при ее запоминании. Функциональные связи устанавливаются не только между различными областями коры в одном полушарии, но и между полушариями мозга [23]. Вспоминая, мозг работает как единое целое: синхронизируются ритмы его различных областей.

В современных подходах к описанию памяти человека проявляется стремление уйти от описания линейных звеньев в процессе когнитивной переработки информации к представлению мнемической системы как структуры, имеющей иерархическое строение. Такие модели предполагают последовательный перевод информации с одного уровня иерархии на другой. На низшем уровне реализуется анализ сенсорных признаков, а на завершающих этапах переработки выполняются семантические преобразования.

*Сетевая (или ассоциативная) модель памяти*, предложенная П. Линдсеем и Д. Норманом, исходит из того, что знания в памяти структурированы в виде определенных смысловых блоков – «семантической сети», где разрозненные смысловые данные объединяются в связанное целое. В семантические сети включаются «узлы» и «отношения». «Узел» в сети представляет собой конкретную информацию (бренд, имя политика, оценки и факты и т. д.), «отношение» – это связь как между узлами, так и с определенными понятийными классами. Если один узел активизируется, то другие узлы, связанные с ним, тоже активизируются, т. е. возбуждение распространяется. Обучение целенаправленно формирует и редактирует подобные узлы и отношения между ними. На связь мнемических процессов и процессов смысловой обработки информации указывает то, что припоминание содержания сообщений меняется в зависимости от уровня понимания [8, с. 204].

Цели реципиента на стадии кодирования влияют на то, формируются ли узлы и какова сила связи между ними. Если цель обучаемого получить информацию о некотором объекте (понятие, описание, функции), то сформируются узлы, связанные с этим объектом (человеком, механизмом, явлением). Если цель будет направлена на что-то другое (красота, необычность, приятность), то узлы, касающиеся объекта, не будут сформированы и информация об объекте не запомнится.

Другим блоком хранения информации являются «схемы», представляющие собой пакеты или организованный комплекс знания. «Схема» – более крупная единица знания. Схемы содержат как знание, так и правило его использования, могут быть общими и специальными. Еще одна форма представления информации в памяти – «сценарий». В отличие от «схемы» «сценарий» интегрирует знание не о самих событиях, а о последовательности событий. Учебная технология «Логические схемы» построена на имитации этой закономерности памяти.

Память тесно связана с мышлением и во многих аспектах представляет с ним единый феномен. Исследования показали, что скорость запоминания в первую очередь зависит от когнитивного стиля и уровня развития интеллекта, особенно вербального. Известно, что способность к интенсивному обучению определяется также характеристиками темперамента и типом нервной системы, эффективностью вероятностного прогнозирования [44].

Убедительные доказательства существования смыслового субстрата мнемике дают случаи феноменальной памяти. Пример феноменальной мнемической способности был описан А.Р. Лурией (1968). В течение многих лет А.Р. Лурия исследовал память выдающегося мнемониста Шерешевского, который мог запоминать любой материал в любом объеме независимо от того, каков характер этого материала, и сохранять в памяти запечатленную информацию в течение неограниченного времени. А.Р. Лурия описывает опыт, когда точное воспроизведение

списка из нескольких десятков слов произошло спустя 15–16 лет после запоминания. Интересно описание А.Р. Лурией последовательности мнемических действий в момент воспроизведения информации, которая запоминалась Шерешевским много лет назад: «...Ш. садился, закрывал глаза, делал паузу, а затем говорил: «Да-да... это было у вас на той квартире... вы сидели за столом, а я на качалке... вы были в сером костюме и смотрели на меня так... вот... я вижу, что вы мне говорили...» – и дальше следовало безошибочное воспроизведение прочитанного ряда». Стимульная информация, предъявляемая в опытах, нередко была нарочито бессмысленной, например, последовательность букв («намасавана» или «ванасанована»), бессмысленные слоги, слова на незнакомом иностранном языке и т. п. При запоминании этих, казалось бы, не поддающихся осмыслению стимулов Шерешевский демонстрировал такую же эффективность, как и при запоминании знакомых слов русского языка. Но это всегда было возможным только вследствие приписывания этим стимулам некоторого смысла, произвольного наполнения слышимых звуков или видимой графической формы определенным предметно-смысловым содержанием. Именно в легкости и быстроте смыслового приписывания проявляется особенность памяти Шерешевского. Например, бессмысленное сочетание букв «самасавана» запоминалось только благодаря тому, что Шерешевскому удавалось (и удавалось поразительно легко) придать этому сочетанию букв определенный смысл. Приведем точный самоотчет самого Шерешевского. «Какая простота! От ванны отходит крупная фигура купчихи («сама»), на которую накинут белый фартук («савана»).

А.Р. Лурия, анализируя технику запоминания бессмысленных стимулов, которую использует Шерешевский, реконструирует последовательность когнитивных операций. Сначала происходит семантизация, и только затем осмысленные части материала превращаются в наглядные образы. Пример фено-

менальной памяти Шеришевского доказывает, что в смысловом виде информация способна надежно храниться в памяти.

Когда одна и та же информация предъявляется в разных контекстах, в памяти формируется множество путей, связанных с одной и той же информацией, поскольку контекстуальные подсказки могут выступать в роли подсказок для припоминания, одна и та же информация, представленная в разных контекстах, будет запоминаться лучше, чем та же информация, повторяемая в одинаковом контексте.

Уровень вовлеченности индивида в момент кодирования и в момент вынесения суждения влияет на процессы, опосредующие суждения, основанные на памяти [155]. Когда вовлеченность низкая в момент вынесения суждения, люди просто вспоминают свои предыдущие оценки. Однако, когда вовлеченность в момент вынесения суждения была выше, чем в момент кодирования, испытуемые вспоминали и использовали конкретную информацию для формирования суждений. Это говорит о том, что высокая вовлеченность в момент вынесения суждения повышает интенсивность поиска информации, важной для выработки мнения.

Таким образом, применительно к профессиональному обучению, вспоминание информации может быть улучшено, если при этом есть подсказки, связанные с будущей профессиональной деятельностью. Подсказкой может быть общее описание ситуации, визуальные образы (вид помещения, орудия труда и т. п.). Речевая и зрительная информация активизирует соответствующие узлы благодаря процессу распределения возбуждения и повышает вероятность того, что связанная с подсказкой информация извлечется из памяти.

Следует отметить необходимость учета *принципа специфичности кодирования*: подсказки улучшают продуктивность памяти только тогда, когда они закодированы вместе с целевой информацией, т. е. на подсказки реагируют только те, кто получил эти подсказки уже в тексте самого сообщения. При

этом способ представления влияет на эффективность подсказки: эффективность визуальной подсказки выше, чем звуковой. Однако подсказок не должно быть много. Продуктивность памяти может ухудшаться в зависимости от получения дополнительной информации, поскольку она увеличивает число взаимосвязей узла. По мере увеличения количества связей вероятность извлечения из памяти уменьшается. Это принято называть эффектом интерференции [8, с. 202].

Как уже говорилось, запоминание представляет собой кодирование. Слова формируют в памяти вербальные коды, изображения – визуальные или образные коды. Соответственно, можно использовать *эффект двойного кодирования*, продуктивность памяти может улучшаться, когда используются рисунки, а не только слова. Наложение слуховой памяти на зрительную повышает продуктивность памяти. Вербальные коды для изображения создать легче, чем визуальные для слов (исключение – упомянутый феномен Шерешевского). Таким образом, изображения могут легче извлекаться из памяти, поскольку они связаны с альтернативными путями вспоминания. Когда обработка информации направлена на поверхностные признаки, преимущество использования изобразительных стимулов проявляется и при немедленном и при отсроченном воспроизведении [8, с. 205]. Эффект двойного кодирования применяется, например, в таком образовательном продукте, как слайд-лекция. Следует, однако, учесть, что одновременное наличие визуальной и слуховой информации способствует тому, что эти два вида информации могут и мешать друг другу при обработке и воспоминании о содержании. Конкретные условия оптимального двойного кодирования применительно к электронным образовательным продуктам еще предстоит выяснить.

Один из эффективных способов сохранить что-то в памяти – рисунок, который может сделать любой человек, даже если совсем плохо умеет рисовать. Исследования канадских

ученых из Университета Ватерлоо показали, что даже самые примитивные схемы и наброски сохраняют в памяти людей, особенно пожилых, куда больше информации, чем текст. Особенно полезен этот совет для тех, кто страдает от старческой деменции, когда у пожилых людей начинает отказывать краткосрочная память. Этот эффект можно объяснить тем, что при рисовании одновременно задействуются разные участки мозга, ответственные за визуальные, вербальные, пространственные и семантические процессы, а также моторная память.

В исследованиях памяти обнаружен интересный «прайминг-эффект» (феномен предстимуляции, или сенсомоторного научения). Эффект заключается в неосознаваемом влиянии наблюдения за действиями других. В экспериментах скорость и точность действий возрастала, если перед этим участники просматривали видеоролики, где подобные действия выполняли другие [9]. Эксперименты по динамическому праймингу дают основания предполагать, что существуют когнитивные механизмы, отражающие воздействие неосознанно воспринятой информации на актуальную когнитивную деятельность [2].

Важное направление в исследовании памяти – механизмы забывания. Более 100 лет назад Г. Эббингауз на основании экспериментов по запоминанию бессмысленных слогов выявил следующую закономерность: самое большое количество информации забывается сразу после заучивания, затем количество забываемой информации резко убывает. Эта закономерность носит название «кривой забывания». В последующих исследованиях, например, было выявлено, что в памяти лучше сохраняются визуальные образы, а не вербальные [7].

Г. Эббингауз заметил, что лучше всего запоминаются стимулы, находящиеся в начале и в конце ряда (первые и последние слоги в ряду слогов). В связи с этим сообщение желательно формулировать так, чтобы сильные аргументы, самая важная, по мнению автора, информация располагались в начале и

в конце сообщения. С этой точки зрения эффективными могут быть кульминационная и антикульминационная модели доказательства (сильные аргументы находятся в конце или в начале сообщения), а вот пирамидальная модель, которая предполагает расположение сильных аргументов в середине сообщения, наименее эффективна. Эти феномены носят названия *эффект первичности* и *эффект последней информации*. Эффект первичности связан с тем, что, когда информация обрабатывается в текущем режиме, первые несколько единиц информации оказываются особенно важны для формирования мнений и оценок. Когда суждения основываются на том, что сохранилось в памяти, воспринимающие субъекты лучше помнят недавно поступившую информацию, и такая информация оказывает непропорционально большое воздействие на оценки – эффект последней информации [155].

Все событие запоминается лучше, слуховые и визуальные компоненты тесно связаны, как в том случае, когда видеоряд иллюстрирует слова лектора. Когда взаимоотношения менее очевидны или когда видео- и аудиокуски вызывают в памяти зрителя различные ассоциации, то страдают понимание новой информации и ее последующее воспроизведение [84].

Часто в учебных продуктах видеоматериал включает в себя *эмоционально насыщенные кадры*, которые хорошо соответствуют занятиям по военной истории, обучению действия в экстремальных ситуациях, профилактике нежелательного поведения и т.п. Такое сочетание оказывает комплексное воздействие на память. Интенсивный эмоциональный образ (обезображенного тела, жертвы войны или несчастного случая) вытесняет из памяти вербальную информацию, представленную до этого кадра. Тем не менее материал, поданный сразу после яркого образа, запоминается даже лучше, чем материал, не сопровождаемый ярким визуальным образом [84].

Дж. Ньюхаген и Б. Ривз провели эксперимент, в котором участникам показывали теленовости с разным количеством

ярких визуальных образов. Исследователи обнаружили, что через шесть недель после показа в памяти лучше сохранялась фактическая информация и темы репортажей без ярких эмоциональных образов, а воспоминание о визуальных образах оказалось отчетливее, когда эти образы были эмоциональными и захватывающими [183]. Таким образом, влияние сильных эмоциональных кадров оказывается двойственным, с одной стороны, они блокируют запоминание более «сухой» информации, а с другой – интенсивный образ сам по себе очень хорошо запоминается и может служить своеобразным «якорем» для построения в памяти представления о событии.

Существует заметный контраст между возможностями вспоминающего субъекта просто узнать ранее запомненный объект и более или менее детально воспроизвести его. Этот контраст может быть объяснен объективным различием между механизмами узнавания знакомого (англ. *familiarity recognition*) и воспоминания (англ. *recall, recollection*). Так, в ряде психологических тестов испытуемые после показа нескольких тысяч изображений могли почти безошибочно ответить на вопрос о том, было или нет им ранее показано следующее предъявляемое изображение, это доказывает, что возможности узнавания существенно выше возможностей детального воспоминания [210]. Различие между ними обнаруживается как на нейропсихологическом, так и на нейробиологическом уровне. Наблюдения над пациентами с нарушениями медиальной теменной доли и/или гиппокампа позволяют сделать вывод о том, что медиальная теменная доля в большей степени ответственна за узнавание, а гиппокамп – за воспоминание [101, 184]. Эти наблюдения позволяют сделать и более определенное заключение о центральной роли конкретно периринальной коры в процессе узнавания знакомых образов – визуальных, слуховых, вербальных и др. [112, 119].

В исследовании, проведенном под руководством М.П. Карпенко [74], была предложена новая нейросетевая модель узна-

вания. По результатам моделирования способность к узнаванию оказалась на порядок выше, чем способность к воспроизведению: мозг легко узнает и гораздо труднее воспроизводит. Воспроизведение образа, как правило, требует большего числа шагов по сравнению с запоминанием. Можно предположить наличие в нейронной сети мозга механизмов, блокирующих дальнейший поиск в памяти предъявленного образа (и, наоборот, стимулирующих запоминание) в случае его неузнавания через два шага после предъявления. Таким образом, значительная часть обучения должна строиться с ориентацией на узнавание, а не на воспроизведение. Использование этого психофизиологического резерва помогает справляться с нарастающим потоком информации и предупреждает развитие информационных неврозов.

Ценность детальных знаний неуклонно снижается ввиду быстрой смены технологий, объяснительных моделей и даже профессионального жаргона. Кроме того, существующие компьютерные системы поддержки принятия решения, электронные базы знаний и справочные системы позволяют обойтись без детальных знаний даже при выполнении сложных профессиональных действий. Другое дело, что профессионал должен распознать, какие действия предпринимать в той или иной ситуации. Поэтому в современном профессиональном обучении акцент следует делать на узнавании [36].

### **3.5. Наследственность, среда и образование как факторы когнитивных способностей**

Благодаря бесконечно сложным взаимодействиям наследственности и среды, на свете нет двух людей с совершенно одинаковым мозгом [42, с. 19]. Соответственно, нет и двух студентов, одинаковых по своей способности учиться. Важное практическое значение для образования имеет вопрос о том, что же определяет уровень интеллектуальных способностей

человека? В зависимости от ответа на этот вопрос мы можем испытывать оптимизм или пессимизм по поводу усилий, которые предпринимаются для развития способностей детей, подростков и взрослых в процессе обучения.

Во многих исследованиях рассматривается связь уровня интеллекта человека с уровнем интеллекта его родителей: наша наследственность, по мнению исследователей, придерживающихся этой точки зрения, определяет, каких успехов в своем интеллектуальном развитии мы достигнем [137]. Такой подход к природе человека интеллектуальных способностей (признание их в значительной мере детерминированными наследственностью) представлен крупными учеными своего времени – Ф. Гальтоном, С. Бертом и Л. Терменом. Если это так, логично предположить, что, какие бы новые технологии обучения мы ни внедряли в учебный процесс, какие бы новые методики обучения мы ни предлагали, какие бы новые средства обучения ни разрабатывали, итог уже задан, запрограммирован тем, насколько умными или глупыми были наши родители, наши бабушки и дедушки и т. д.

Сторонники этой точки зрения считают важным аргументом в пользу наследуемости способностей, в том числе интеллектуальных, тот факт, что в некоторых семьях в течение многих поколений рождались одаренные люди. Так, уже упоминавшийся Ф. Гальтон, крупнейший ученый XIX в., был двоюродным братом Чарльза Дарвина [32]. Пять крупнейших представителей немецкой культуры – поэты Шиллер и Гельдерлин, философы Шеллинг и Гегель, физик Макс Планк – состояли в родстве: у них был общий предок Иоганн Кант, живший в XV в. Два гения российской литературы оказались связаны родством: прабабушка Л.Н. Толстого – Ольга Трубецкая и прабабушка А.С. Пушкина – Евдокия Трубецкая были родными сестрами [26].

Значительный вклад в укрепление представлений о преобладающем влиянии генетических факторов на интеллекту-

альное развитие человека внесла психогенетика, в частности исследования, проведенные на близнецах как монозиготных (однойяйцовых), чьи гены совпадают на 100%, так и дизиготных (двухъяйцовых), имеющих совпадение генов только на 50%. В большинстве исследований получены высокие корреляции между уровнем интеллекта монозиготных близнецов ( $0,62 < r < 0,92$ ). Однако исследования, проведенные на близнецах, живущих вместе, подвергались объективной критике, так как высокие корреляции могли быть обусловлены совместным влиянием средовых причин: временем, проводимым близнецами вместе, распределением ролей и т. д. [27]. Поэтому большой интерес представляет изучение разлученных (т.е. воспитанных в разных семьях) близнецов и приемных детей.

В Миннесотском исследовании приемных детей корреляции между интеллектом детей и их биологических родителей оказались выше, чем между интеллектом приемных детей и приемных родителей. «Материнский эффект» оказался чуть больше, чем «отцовский» [3]. Основываясь на проведенных в Миннесоте исследованиях разделенных моно- и дизиготных близнецов [114], Л. Томсон и Р. Пломин пришли к выводу, что общие познавательные способности подвержены «существенному генетическому влиянию» [3, с. 122]. Однако они характеризуют подобное влияние, скорее, как вероятностное, чем детерминирующее. Эти исследования дали основание заключить, что гены ответственны более чем за 70% вариативности психометрического интеллекта.

В другом известном психогенетическом исследовании, проведенном Д. Шилдсом, участвовали 34 пары монозиготных близнецов, выросших вместе, 38 пар разлученных монозиготных близнецов и 7 пар дизиготных близнецов. Причем многие из них (21 пара) были разлучены сразу после рождения, а остальные – в период от нескольких месяцев до 9 лет со дня рождения. Коэффициент внутренней корреляции по интеллектуальным тестам у разлученных монозиготных близнецов

оказался равным 0,77, у монозиготных близнецов, выросших вместе, – 0,76 и у дизиготных близнецов – 0,51 [26].

В настоящее время измерение влияния наследственности на интеллект опирается в основном на исследование корреляции интеллектуальных показателей у людей, имеющих схожие генотипические признаки. За последние 90 лет были проведены исследования, в которых сопоставлялись интеллектуальные характеристики людей, находящихся в той или иной степени родства. Основную задачу этих исследований можно охарактеризовать как выяснение «показателя наследуемости», который бы в количественном измерении характеризовал степень влияния генотипических признаков на интеллектуальный потенциал человека. Максимальное значение корреляции имеют генетически идентичные пары монозиготных близнецов – 0,86, минимальное значение – приемный ребенок и усыновивший его родитель, эта пара имеет лишь 0,19 сходства [115]. Эти и многие другие исследования подтверждают гипотезу о значительной генетической детерминации различий в уровне развития общего интеллекта.

Механизмом наследственного влияния можно считать так называемое естественное развитие, или, другими словами, биологическое созревание структур головного мозга, отвечающих за функционирование интеллектуальных способностей. Важность вклада данного фактора в развитие интеллектуальных способностей иллюстрируется данными, полученными разными исследователями о возрастной динамике интеллекта. В исследованиях Я.А. Пономарева, Л. Терстоуна, Ж. Пиаже, Н. Рейли и др. показано, что в первые 20 лет жизни происходит основное интеллектуальное развитие человека, причем наиболее интенсивно интеллект изменяется от 2 до 12 лет. Интеллект достигает своего максимального развития к 19–20 годам, затем наступает фаза стабилизации и с 30–34 лет происходит спад продуктивности интеллектуальных функций.

Вместе с тем к концу XX в. на вопрос о детерминантах интеллектуальных способностей было получено много аргумен-

тов в пользу ответа, более оптимистичного для образования. Условия, в которых человек живет, его отношения в семье, качество образовательной среды и т.д. – все, что вмещает в себя понятие «среда», в значительной мере определяет тот уровень интеллектуальных способностей, которого может достичь индивид. Эта точка зрения также имеет свою давнюю историю. Так, еще в XVIII в. К.А. Гельвеций провозгласил, что посредством воспитания можно сформировать гениальность. Уже в XIX в. были известны случаи, когда дети самых отсталых и примитивных племен, получив соответствующее обучение, ничем не отличались от образованных европейцев [34].

Следует отметить, что школьная успеваемость в большинстве исследований весьма умеренно связана с уровнем интеллекта. Тесты школьной успеваемости отнюдь не всегда показывают ту же динамику, что и тесты интеллекта. Так, в США с середины 1960-х до 1980-х гг. наблюдался прирост популяционных значений по тестам интеллекта при одновременном снижении показателей теста SAT, измеряющем уровень школьных способностей [144].

Средовое влияние на способности было детально исследовано в результате экспериментов со стимуляцией умственного развития детей в младенчестве, дошкольном и школьном возрасте, а также взрослых. Исследования позволили установить важный принцип неодинакового влияния среды в разные возрастные периоды [40]. В одном из исследований А. Гезелл и Дж. Томпсон установили, что, хотя специальное обучение дало заметные преимущества ребенку, проходившему тренировки, они исчезли, когда второй ребенок позднее прошел более краткое обучение. А. Гезелл заключил, что обучение должно происходить в свое время, тогда ребенок освоит навыки быстрее и с меньшим трудом [15, Т.1].

В ряде естественных экспериментов установлена роль социально «богатой» среды, было показано, что у детей, воспитанных в учреждениях, где общение сведено к минимуму (на

10 детей приходилась только одна воспитательница), уже со второго года жизни отмечалось значительное отставание в двигательной и речевой сферах. Напротив, дети, живущие с родителями, которые постоянно стимулировали их психику, давая им возможность общаться с разными людьми, манипулировать с новыми предметами и осваивать новые навыки, развивались гармонично [136]. Убедительным аргументом в пользу влияния среды на интеллект можно считать исследования, в которых маленькие дети из неблагополучных семей или с признаками умственного отставания передавались в среду, где они имели интенсивное общение со взрослыми или специальные развивающие программы. Последующие наблюдения свидетельствовали о том, что интеллект таких детей явно выше, чем в контрольной группе и их более высокие способности проявлялись спустя много лет [208].

Вряде исследований отмечалась парадоксальная ситуация: приемная семья оказывала большое воздействие на интеллект ребенка, однако при этом его интеллект слабо коррелировал с интеллектом приемных родителей (часто даже оказывался выше). По-видимому, единственно возможным разрешением этого парадокса служит следующее: интеллект родителей не является решающим фактором в плане создания благоприятных условий для развития интеллекта ребенка [81].

К влиянию среды, несомненно, относятся физические и биологические условия. Так, питание развивающегося организма (мозга), степень удовлетворения потребности организма в биологически важных веществах может сказаться на последующем обучении. Яркий пример – воздействие алкоголя на развивающийся мозг ребенка. Алкоголь нарушает развитие глутаматной и ГАМК-систем медиаторов и тем самым ведет к апоптозу миллионов клеток мозга [186, 219]. Вот почему перинатальное отравление алкоголем плодов ведет не столько к уменьшению размеров мозга плода, сколько к неврологическим поведенческим расстройствам в дальнейшей жизни

ребенка [166]. При этом наиболее показательными становятся затруднения в обучении. Отсюда важнейшее следствие, хорошо известное в практической неонатологии: лекарственная терапия беременных не должна вызывать апоптоз нейронов мозга развивающегося плода.

Следует отметить, что большинство современных исследователей интеллектуального развития не игнорируют полностью ни фактор наследственности, ни фактор среды. Целесообразнее ставить и изучать вопрос о вкладе каждого из факторов (наследственность и среда) в развитие индивида, а не вопрос о взаимоисключающей роли каждого из них. Именно поэтому при описании результатов исследований, в том числе психогенетических, принято анализировать всю совокупность факторов интеллектуального развития индивидов. В настоящее время взаимное влияние факторов среды и наследственности на интеллектуальное развитие в целом общепризнанно и ставит перед учеными новую задачу: для практики образования представляется крайне важным количественное измерение вклада генотипа в уровень интеллектуального развития человека и соотнесение его с вкладом среды [40].

Для решения этой задачи в современных психогенетических исследованиях в большей степени учитывается фактор вариативности среды, и для пар близнецов выделяют как общую среду (например, экономический статус семьи, психологические особенности родителей, стиль семейного воспитания), так и различающуюся среду (разные увлечения членов исследуемой пары, разные друзья и т. д.)

Примером исследования, проводившегося с учетом воздействия общих и различающихся средовых факторов, служит изучение влияния наследственности и среды, получившее название «Луизвильский близнецовый лонгитюд» [181]. Проследивая интеллектуальное развитие моно- и дизиготных близнецов на протяжении 15 лет, авторы исследования установили, что в первый год жизни моно- и дизиготные близнецы

практически не отличаются друг от друга по уровню внутрипарного сходства в показателях интеллекта. Начиная с полутора лет сходство монозиготных близнецов значительно усиливается и не ослабевает вплоть до возраста 15 лет. Эти результаты подтверждают данные о том, что влияние генотипа на индивидуальные различия в интеллекте имеет тенденцию увеличиваться с возрастом. Если роль наследуемости в индивидуальных различиях интеллекта в первый год жизни практически не проявляется, то к началу школьного возраста она составляет до 50% и увеличивается далее с возрастом. Соответственно, можно утверждать, что существует возможность количественного выражения соотношения влияния среды и наследственности на способность человека к обучению. Исследования, проведенные в русле психогенетики, позволяют говорить о том, что общее соотношение, которое устанавливается у человека в возрасте 15 лет и далее не меняется вплоть до пожилого возраста, составляет 68% – влияние наследственности и 32% – влияние среды [34]. Схожее распределение получено и в результате моделирования, учитывающего относительный вклада в интеллектуальное развитие внутренних и внешних факторов [40].

Важными для сопоставления средовых и генетических воздействий являются исследования по сравнению коэффициента интеллекта и академической успеваемости в разных странах. Сравнение IQ для Японии и США, по данным 1983 г., показало, что средний коэффициент интеллекта у японцев на семь пунктов выше, чем у американцев, причем это соотношение оказалось постоянным для всех возрастов начиная с шестилетнего. Среди молодых американцев только 2% продемонстрировали IQ на уровне 130, тогда как их японские ровесники показали 10% такого результата [26].

Измерение национального интеллекта знаменует собой новую эпоху в изучении интеллекта как психологического феномена и берет начало от работ ирландского исследова-

теля Р. Линна, осуществившего амбициозный проект с целью получения сравнимых данных по среднему IQ в разных странах. В результате был получен рейтинг коэффициентов национальных интеллектов для 185 стран [176]. В ходе проекта было обобщено огромное количество измерений разных лет и получены вполне надежные усредненные данные для населения страны. Среднее значение для Великобритании было взято за 100 (стандартное отклонение принято равным 15), и средние значения по IQ для других стран рассчитывались относительно этой величины. Национальный интеллект, измеренный в этой «гринвичской» шкале, был сопоставлен с показателями ВВП, экономического роста, индексом человеческого развития (human development index, HDI) и годовым уровнем инфляции. HDI рассматривался как более точный показатель (мера), чем ВВП или ВВП на душу населения, поскольку эти показатели, несмотря на то, что их часто используют в качестве индикаторов развития страны, ограничены, так как свидетельствуют только об экономическом процветании страны. В итоге были установлены интересные данные о связи уровня интеллекта и преступности, экономического благополучия и т. д.

Другой способ измерения национального интеллекта основан на косвенных показателях образовательных достижений [17]. Широкую дискуссию вызывают результаты международного сравнительного исследования PISA (Project for International Student Assessment). Цель исследования PISA – определение продуктивности систем образования, уровня успешности систем образования ряда стран, т. е. тех средовых условий, которые создаются для развития интеллектуального потенциала молодого поколения. Традиционные тесты, проверяющие степень усвоения школьной программы, дают лишь информацию об эффективности школьной системы. Они не дают представления о том, насколько эффективно школы готовят учащихся к жизни после окончания обязательного обучения. PISA представляет сравнение стран по

продуктивности систем образования, используя достоверные межкультурные показатели навыков, релевантных повседневной жизни взрослых.

Сама постановка измерения интеллекта как совокупной характеристики для большой человеческой общности очень важна. К сожалению, на проведение исследований в этой области оказывает давление ханжеская установка на запрет изучения межнациональных различий, благодаря которой любые сравнительные измерения уровня интеллекта различных национальностей объявляются расистскими. Кроме того, такие исследования очень дороги и требуют значительных организационных ресурсов. Долгое время Россия фактически была исключена из процесса сравнительного анализа из-за отсутствия массовых исследований интеллекта на репрезентативных выборках. Выводы можно было делать по результатам косвенных оценок, как, например, Р. Линн в своих расчетах для России использовал среднее из национальных показателей Прибалтики и Казахстана [176], или измерений академических достижений, таких как PISA или ЕГЭ [150].

Поэтому проведение масштабного исследования популяционного уровня интеллекта России, осуществленного в СГА, явилось значимой научной и практической задачей [80]. Изучение национального интеллекта позволяет на научной основе планировать политику государства в области образования, социальной поддержки, адресной помощи национальным сообществам в развитии их интеллектуальных способностей и т. д. Для развития научного знания постановка проблемы измерения этнического интеллекта заставляет разрабатывать методологический аппарат его исследования, создавать принципиально новые методические приемы и способы его оценки и т. д., что само по себе представляет сложную научную проблему.

### Выводы по главе 3

На сегодняшний день ведется работа над разрешением фундаментальной проблемы когнитивных механизмов обучения. Суть обучения состоит в обработке и усвоении новой информации, которые осуществляются с помощью когнитивных процессов. Когнитивную базу обучаемости составляют такие когнитивные (познавательные) функции, как интеллект, внимание и память, и специфический механизм мозговой регуляции – баланс активационных систем. Изучение когнитивных функций мозга – центральная отрасль нейронауки, где в последнее время сделаны прорывные исследования. Современные экспериментальные исследования внимания и памяти позволяют предложить конкретные рекомендации для электронной (цифровой) образовательной среды, демонстрируют психофизиологические резервы оптимизации обучения.

Обучаемость – важное понятие, без которого не может быть построена современная дидактическая система. Под обучаемостью в широком смысле понимается совокупность индивидуальных возможностей к усвоению учебной информации, в том числе к запоминанию учебного материала, выполнению действий по ориентировке в задаче, ее решению и самоконтролю. Обучаемость во многом определяется когнитивными способностями, центральное место среди которых занимает интеллект.

Интеллект представляет собой ценность и как индивидуальный показатель способности к обучению, и как совокупная характеристика развития большой человеческой общности (этноса). При этом, несмотря на более чем столетнюю историю интенсивного изучения, природа интеллекта в большой степени оказывается дискуссионной. Обобщая различные подходы, можно утверждать, что интеллект не является единым свойством, а имеет факторную и уровневую структуру.

Современные теории внимания и памяти позволяют оценить обоснованность традиционных дидактических приемов

и уже предложить новые технологии обучения, позволяющие развивать когнитивные способности сообразно требованиям зарождающегося когнитивного общества.

Природа когнитивных способностей определяется как биологическими (прежде всего, генетическими) факторами, так и средой. Причем вклад этих факторов различен: две трети индивидуальных вариаций интеллекта объясняется генетически. Однако среда также вносит значительный вклад, необычайно велика и роль семьи и системы образования. Опираясь на данные нейронауки следует так настраивать образовательную среду, чтобы максимизировать развитие у обучаемых когнитивных способностей. Одно из важных направлений в практике образования – создание обогащенной образовательной среды, технологизация обучающего процесса и оптимизация управления процессом образования. Важный вклад в повышение интеллектуального потенциала студентов должна вносить индивидуализация обучения с учетом когнитивных способностей.

Когнитивные процессы по отдельности не являются функциями каких-то изолированных структурных единиц мозга, они свойство всего мозга. Эта фактическая слитность когнитивных процессов наглядно проявляется в формировании мыслеобраза. Исходя из самых современных научных данных, значительная часть обучения должна строиться с ориентацией на обобщенное восприятие (узнавание), а не на детальное запоминание и воспроизведение. В условиях современного информационного общества актуальным становится поиск психофизиологического резерва для совладения с обрушившимся на человека потоком информации.

## **ГЛАВА 4. ИЗМЕРЕНИЕ ОБУЧАЕМОСТИ И ОБРАЗОВАННОСТИ**

Наука начинается с тех пор, как начинают измерять ...

*Д.И. Менделеев*

Существуют три направления измерения когнитивных способностей: традиционные тестовые (основанные на измерении с помощью более или менее адекватных реальной деятельности человека тестовых заданий), учебно-деятельностные (косвенные, основанные на фиксации разнообразных показателей реальной учебной деятельности, прежде всего скорости чтения) и нейрофизиологические (основанные на прямом измерении нейронных коррелятов когнитивной деятельности).

Тесты в качестве способа измерения способностей человека используются с древнейших времен. Уже в середине III тысячелетия до н. э. в Древнем Вавилоне проводились испытания выпускников в школах, где готовились писцы. Профессионально подготовленный писец был центральной фигурой месопотамской цивилизации благодаря обширным по тем временам знаниям. Он был обязан знать все четыре арифметических действия, уметь измерять поля, делить имущество, владеть искусством пения и игры на музыкальных инструментах. Кроме того, проверялось умение разбираться в тканях, металлах, растениях и др.

В Древнем Египте только тот обучался искусству жреца, кто был способен выдержать систему определенных испытаний. Вначале кандидат в жрецы проходил собеседование, в

процессе которого выяснялись его биографические данные, уровень образованности. Кроме того, оценивались внешность, умение вести беседу. Затем следовала проверка умения трудиться, слушать и молчать, испытания огнем, водой, страхом преодоления мрачных подземелий в полном одиночестве и др. Все эти жестокие испытания дополнялись угрозой смерти для тех, кто не был уверен в своих способностях к учению и в том, что сумеет выдержать все тяготы длительного периода образования. Поэтому каждому кандидату предлагалось еще раз подумать и, тщательно взвесив, решить, с какой стороны закрыть за собой дверь в храм – с внутренней или с внешней. Сообщается, что эту суровую систему испытаний успешно преодолел знаменитый ученый древности Пифагор.

#### **4.1. Измерение интеллекта – трудности классических теорий**

Вопрос о количественном измерении умственных способностей стал актуальным в конце XIX в. Первым приступил к исследованию интеллекта с научной точки зрения английский антрополог и психолог Френсис Гальтон, и именно его можно считать основоположником эмпирического подхода к решению проблемы интеллекта, одаренности, таланта. Он впервые поставил вопрос о том, что интеллект можно измерять, и пытался это сделать через способность к сенсорному различению.

Ф. Гальтон считал, что люди высших социальных слоев обладают более высоким интеллектом. Десяти тысячам посетителей лондонской выставки он предложил подвергнуться различным измерениям (рост, окружность головы и др.) и испытаниям (разного рода тесты на зрительное различение и мышечную силу). К его большому удивлению, выдающиеся люди, деятели науки по этим данным не отличались от простых смертных.

Идеи Ф. Гальтона получили дальнейшее развитие в работах американского психолога Джемса Мак-Кин Кеттелла. В 1885 г. Дж. Кеттелл разработал около 50 психологических (так называемых ментальных) тестов, где определялись быстрота рефлексов, время реакции, время восприятия определенных раздражителей, болевой порог при надавливании на кожу, число воспроизведенных букв после прослушивания буквенных рядов и т.п. С помощью этих тестов исследователь определил параметры реакций на раздражители разной силы. Важным результатом явился тот факт, что если у большинства людей эти показатели лишь немного отклоняются от среднего уровня, то у какой-то части испытуемых время реакции было значительно больше или меньше типичных величин. Представив эти данные графически, Дж. Кеттелл получил колоколообразную кривую, сходную с кривыми распределения некоторых физических или химических показателей. Колоколообразное распределение результатов на сегодняшний день используется для оценки интеллекта с помощью различных тестов и для выяснения вопроса о том, как распределяется уровень интеллекта среди населения. При этом по одну сторону от наиболее распространенного среднего уровня оказываются люди с интеллектуальной неразвитостью, а по другую – одаренные.

Ученые того времени критически отнеслись к исследованиям Ф. Гальтона и Дж. Кеттелла по «измерению ума». Например, как недостаток отмечалось, что тесты, разработанные ими, рассчитаны, прежде всего, на элементарные психические процессы и вследствие этого неадекватно измеряют высшие психические функции, лежащие в основе интеллекта.

В отличие от Ф. Гальтона, рассматривавшего интеллект как совокупность врожденных психофизиологических функций, французский врач Альфред Бине признавал влияние окружающей среды на особенности познавательного развития. Поэтому интеллектуальные особенности оценивались им не только как врожденно сформированные познавательные фун-

кции, но и на основе уровня усвоения социального опыта: осведомленность, знание значений слов, владение некоторыми социальными навыками, способность к моральным оценкам и т. д. В результате содержание понятия «интеллект» оказалось расширенным с точки зрения как перечня его проявлений, так и факторов его становления.

А. Бине в сотрудничестве с Теодором Симоном (директором колонии для отстающих в умственном развитии детей) разработал систему возрастных шкал для выявления детей с умственными дефектами [110]. Он сгруппировал тестовые задания по возрастным группам, в которых «нормальные» дети решали их на 50–90%. Если данную задачу решало около 75% определенного количества детей одинакового возраста, она считалась показательной для данного возраста. По числу заданий, которые решил ребенок, вычислялся возраст его интеллектуального развития. Перед исследователями стояла конкретная практическая задача – определить, какие дети будут учиться хорошо, а какие – плохо. Задания, как правило, предполагали владение логическими, логико-перцептивными и арифметическими действиями, выявляли общую осведомленность, ориентировку в практических ситуациях, произвольную память и пр. Таким образом была составлена серия тестов для каждого возраста.

Показателем умственного развития в шкалах Бине–Симона был умственный возраст, который был равен хронологическому возрасту с прибавлением к нему добавочных месяцев за правильно решенные задания из уровней, находящихся выше. Анализируя определенные таким образом несовпадения, делали заключение либо об умственной отсталости, либо об умственной одаренности [4].

Умственный возраст как показатель в шкалах, предложенных А. Бине, имел существенный недостаток: одна и та же разница в умственном возрасте двух индивидов для разных возрастных ступеней имеет неодинаковое значение. Чем меньше

хронологический возраст ребенка, тем существеннее сдвиги, происходящие в его умственном развитии в течение каждого года жизни. В. Штерн в 1912 г. предложил понятие «коэффициент интеллекта», определив его как отношение умственного возраста к хронологическому, умноженное на 100. Поэтому В. Штерн предложил определять не абсолютную меру интеллекта (разность между умственным и хронологическим возрастом), а относительную (частное, получаемое при делении умственного возраста на хронологический). Чтобы получить целые числа, полученную величину умножали на 100. Величина, равная 100, соответствовала совпадению возраста интеллектуального развития и возраста жизни и обозначала тем самым средний уровень интеллектуального развития.

Английский психолог С. Берт и американский ученый Л. Термен попытались усовершенствовать эту систему. По их именам названы шкалы Бине–Берта и Бине–Термена. Л. Термен ввел понятие «тестовая норма». Таким образом, произошел переход на позицию статистического подбора заданий теста, а также обоснования его валидности. Такая позиция в отношении тестов интеллекта является определяющей и до сих пор.

Однако применение данной шкалы обнаружило недостатки шкалы Бине, обусловленный невозможностью рассчитать умственный возраст старше 16 лет, так как не было заданий, которые могли бы выявить прогресс интеллектуального развития в этом возрасте. Как следствие, невозможно было разработать шкалу коэффициента интеллекта для взрослых.

Д. Векслер в 1939 г. рассчитал для этого теста стандарты, полученные при вычислении отклонений от средней величины конкретной взрослой группы. Тем самым он полностью отказался от определения возраста интеллектуального развития и деления его на возраст жизни. В этом случае название «коэффициент интеллекта» не соответствовало существу полученной величины, но было сохранено ввиду широкой распространенности этого термина.

В современной психодиагностике измерение IQ предполагает сопоставление результатов данного испытуемого с тестовыми нормами. Тестовые нормы – это наиболее важные статистические характеристики распределения результатов тестирования нормативной выборки испытуемых (например, средняя, медиана и процентиль). Выборка, на которой определяются тестовые нормы, называется выборкой стандартизации. Ее численность, как правило, не менее 200 человек. Тестовые нормы определяют границы высоких, средних и низких значений любого психологического признака, в том числе и интеллекта. К сожалению, для большинства используемых в образовательных организациях в России тестов интеллекта отсутствуют современные репрезентативные нормы, за исключением Стандартных прогрессивных матриц Равена, для которых такие нормы были получены в 2005–2007 гг. [22].

В большинстве тестов интеллекта испытуемому на специальном бланке предлагается установить логические отношения классификации, аналогии, обобщения и др. между терминами и понятиями, из которых составлены задачи теста. Иногда задачи строятся из рисунков, геометрических фигур и т. п. Успешность испытуемого определяется числом правильно выполненных задач, согласно которому выводится показатель коэффициента интеллекта. Перечислим наиболее популярные в российском образовании тесты интеллекта.

***Тест структуры интеллекта Р. Амтхауэра (IST).*** Р. Амтхауэр рассматривал интеллект как специализированную подструктуру в целостной структуре личности, состоящую из различных факторов (речевой, счетно-математический, пространственное представление, мнемический). Тест структуры интеллекта Амтхауэра состоит из девяти субтестов: логический отбор, определение общих черт, аналогии, классификация, задания на счет, ряды чисел, выбор фигур, задания с кубиками, задания на внимание, которые определяют индуктивное мышление, комбинаторные способности, пространственное воображение.

При составлении теста Р. Амтхауэр исходил из двух предпосылок: корреляция результатов каждого субтеста с результатами по всему тесту должна быть максимальной; корреляция между субтестами должна быть минимальной (но положительной).

Тест предназначен для испытуемых практически любого возраста (от 13 до 60 лет). Р. Амтхауэр ввел только возрастные нормы, он полагал установленной зависимость социального опыта от возраста испытуемого. По предположениям исследователя, если наивысшие результаты получены по первым четырем субтестам, то у испытуемого развиты теоретические способности. В том случае, когда результаты лучше по последним пяти субтестам, более развиты практические способности.

**Шкалы измерения интеллекта Д. Векслера (WAIS)** модификации 1955 г. включают в себя 11 субтестов, разделенных на две шкалы, которые измеряют соответственно вербальный и невербальный интеллект. Принято считать, что невербальный интеллект представляет собой некую совокупность общих способностей как возможностей успешной деятельности, свободных от влияния культуры, образования, как бы идущих непосредственно от задатков личности, от ее генотипа. Структурно невербальный интеллект можно представить через операционные компоненты мышления, а именно через способность к идентификации и дифференциации, способность к проведению аналогий и динамическому обобщению, способность к классификации и систематизации, абстрагированию и конкретизации.

Вербальный интеллект представляет собой развитость психических познавательных функций, напрямую зависящую от влияния культуры, образования. В основе своей он формируется в учебной деятельности, в общении. Структурно вербальный интеллект можно представить через умение понимать слова, связанный текст, оперировать логическими, численными и геометрическими понятиями.

Вербальная шкала в тесте Векслера содержит субтесты общей осведомленности, общей понятливости, арифметический тест, тест установления сходства между парой понятий, повторения цифровых рядов, словарный тест. Невербальная шкала содержит следующие субтесты: шифровка цифр, нахождение недостающих деталей, кубики Косса, последовательность картинок, составление фигур.

Тест *Прогрессивные матрицы Дж. Равена* был предложен Л. Пенроузом и Дж. Равеном в 1936 г., и состоит он из задач по выявлению отношений между абстрактными фигурами. Тест известен как один из наиболее «чистых» измерений фактора общего интеллекта G, выделенного Ч.Э. Спирменом [86, 163]. В России тест применяется, по крайней мере, с конца 70-х гг. XX в.

Методика «Стандартные прогрессивные матрицы Равена» (SPM) предназначена для испытуемых в возрасте 11–65 лет, методика «Цветные прогрессивные матрицы Равена» (CPM) предназначена для детей 6–11 лет и для взрослых 65–95 лет. И в той, и в другой методике испытуемому предъявляются рисунки с фигурами, связанными между собой определенной зависимостью. Одной фигуры недостает, она дается внизу среди 6–8 других фигур. Задача испытуемого – установить закономерность, связывающую между собой фигуры на рисунке, и на опросном листе указать номер искомой фигуры из предлагаемых вариантов. При необходимости первые пять заданий серии А обследуемый выполняет с помощью экспериментатора. Методика SPM состоит из 60 таблиц (5 серий по 12 матриц в каждой серии). Задания в каждой серии нарастают по сложности, имеет место и усложнение типа заданий от серии к серии.

В серии А использован принцип установления взаимосвязи в структуре матриц. Задание заключается в дополнении недостающей части основного изображения одним из приведенных в каждой таблице фрагментов. Выполнение задания требует от обследуемого тщательного анализа структуры основного изображения и обнаружения этих же особенностей в одном из не-

скольких фрагментов. Далее происходит слияние фрагмента, его сравнение с окружением основной части таблицы.

Серия В построена по принципу аналогии между парами фигур. Обследуемый должен найти принцип построения фигуры и исходя из этого подобрать недостающий фрагмент. При этом важно определить ось симметрии, соответственно которой расположены фигуры в основном образце.

Серия С построена по принципу прогрессивных изменений в фигурах матриц. Эти фигуры в пределах одной матрицы все больше усложняются, происходит как бы непрерывное их развитие. Обогащение фигур новыми элементами подчиняется четкому принципу, обнаружив который, можно подобрать недостающую фигуру.

Серия D построена по принципу перегруппировки фигур в матрице. Обследуемый должен найти эту перегруппировку, происходящую в горизонтальном и вертикальном положениях.

Серия Е основана на принципе разложения фигур основного изображения на элементы. Недостающие фигуры можно найти, поняв принцип анализа и синтеза фигур.

Для практического применения в образовании тесты должны иметь адекватные тестовые нормы. В масштабном исследовании, проведенном в 2005–2007 гг., получены российские тестовые нормы для методики «Стандартные прогрессивные матрицы Равена» с 20-минутным ограничением времени [22]. Процентильные нормы приведены в табл. 4.1.

Методика «Цветные прогрессивные матрицы Равена» состоит из 36 таблиц серий А, АВ, В (по 12 матриц в каждой серии) и обычно применяется для детей от 6 до 10 лет и пожилых людей.

Серия *тестов общих способностей* (GATB) включает в себя вербальные и практические серии заданий. Разработка GATB базировалась на факторном анализе предварительного набора из 50 тестов, в ходе которого были выделены девять основных факторов, в том числе вербальные способно-

Таблица 4.1

**Процентильные нормы для детей и взрослых  
(SPM в режиме 20-минутного ограничения времени)**

| Процентиль       | Возраст в годах |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  | 10–12           | 13–15 | 16–17 | 18–22 | 23–27 | 28–32 | 33–37 | 38–42 | 43–47 | 48–52 | 53–57 | 58–65 |
| 95               | 50              | 53    | 53    | 55    | 57    | 56    | 56    | 55    | 55    | 54    | 52    | 50    |
| 90               | 48              | 50    | 52    | 54    | 55    | 54    | 54    | 53    | 53    | 52    | 51    | 48    |
| 75               | 43              | 46    | 48    | 49    | 51    | 51    | 51    | 50    | 50    | 48    | 46    | 45    |
| 50               | 39              | 39    | 43    | 45    | 45    | 46    | 45    | 44    | 44    | 43    | 41    | 37    |
| 25               | 32              | 33    | 36    | 38    | 37    | 38    | 37    | 36    | 36    | 33    | 32    | 29    |
| 10               | 23              | 27    | 29    | 29    | 28    | 30    | 26    | 25    | 27    | 24    | 23    | 24    |
| 5                | 19              | 23    | 22    | 24    | 25    | 26    | 20    | 21    | 22    | 21    | 21    | 21    |
| Число испытуемых | 207             | 366   | 334   | 1047  | 516   | 423   | 352   | 487   | 504   | 390   | 186   | 291   |

сти, умение оперировать числами, точность восприятия, точность понимания, моторная координация, моторика пальцев, моторика рук. GATB включает в себя 12 тестов, направленных на измерение этих основных факторов. Все субтесты являются тестами скорости.

Так как многие тесты интеллекта измеряют помимо собственно мыслительных способностей еще и приобщенность индивида к культуре, были предприняты попытки создания так называемых культурно-независимых тестов интеллекта, предназначенных в основном для измерения невербальных способностей.

**Культурно-свободный тест интеллекта (CFIT)**, предложенный Р. Кеттелом в 1958 г., предназначен для измерения «чистого» интеллекта. Он создан на основе перцептивных заданий, в которых интеллект проявляется через восприятие. Среди заданий теста задания на распознавание и продолжение закономерных изменений в рядах фигур и т. д.

Следует сказать, что при выборе тестов интеллекта большое значение имеют возможности конкретной методики для решения конкретной исследовательской задачи. Так, в детской патопсихологии при квалификации первичного дефекта в основном используется детский вариант теста Векслера. В школьной практике, где основная задача – выявление школьных трудностей, связанных с интеллектуальным развитием, – тест Амтхауэра. При решении задач отбора и аттестации взрослых испытуемых – методики экспресс-диагностики интеллекта (например, адаптированный тест Вандерлика – КОТ).

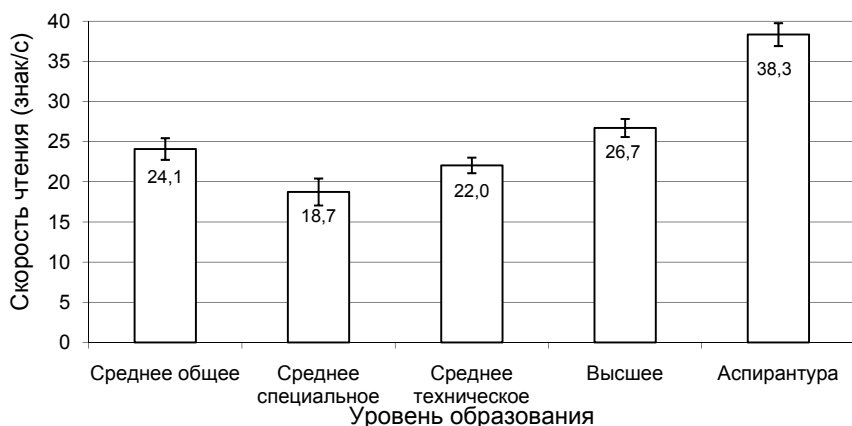
Возможны и другие неклассические способы измерения когнитивных способностей. Прежде всего, интерес представляют те, которые возможно органично интегрировать в образовательный процесс, не отвлекая студента и не создавая стрессогенной ситуации тестирования. Среди таких способов следует отметить *скорость чтения* как естественный показатель когнитивного развития.

Скорость чтения – один из главных предикторов академических достижений [28] и зависит как от общего уровня интеллекта, так и от тренировки данного когнитивного навыка (объема, сложности прочитанного материала, регулярности чтения и др.). Логично предположить, что чем выше скорость чтения, тем большее количество информации может быть обработано и тем меньших когнитивных затрат требует такая обработка. Изучение скорости чтения в начальной школе – традиционная тема психолого-педагогических исследований [10]. Измерения, проведенные на разных возрастных выборках, показали, что скорость чтения увеличивается с возрастом в интервале от подросткового к студенческому, что представляется вполне закономерным [28, 76, 80]. Однако данные о скорости чтения взрослых людей публикуются значительно реже [154]. Кроме того, в литературе не описаны сравнительные исследования скорости чтения в различных социальных группах взрослых людей.

Имеются представления об оптимальной скорости чтения: для младших школьников, например, это чтение со скоростью разговорной речи, т. е. в темпе 120–150 слов в минуту. При такой скорости достигается наилучшее понимание текста, и именно к такой скорости приспособился за многие столетия артикуляционный аппарат человека [58]. Вместе с тем индивидуальная вариабельность скорости чтения достаточно высока. Вопрос о факторах, определяющих такую вариабельность, представляет особый интерес. В некоторых проведенных ранее исследованиях показано, что чем выше скорость чтения у студентов вуза, тем лучше результаты теста когнитивных способностей (темпа усвоения знаний) [76, 77] и более высокие показатели общего интеллекта [52].

Чтение – один из наиболее сложных когнитивных навыков, а скорость чтения выступает как один из показателей развития этого навыка. Чтение предполагает обработку информации одновременно в зрительной и слуховой модальностях и опирается на распознавание слова и на грамматические структуры [117]. Из психолого-педагогической литературы известно, что в процессе чтения развивается оперативная память, устойчивость и концентрация внимания [28, 76, 77]. С другой стороны, развитые в ходе обучения когнитивные функции (внимание, память, мышление), общая эрудиция и словарный запас, приобретенные в результате обработки большого количества информации, должны также влиять на скорость чтения. Значительное влияние на скорость чтения оказывают и освоенные стратегии организации внимания. Так, Р. Стернберг обнаружил, что лучшие чтецы более дифференцированно распределяют затраты времени в зависимости от поставленных целей чтения (читают текст быстрее, если ставится задача схватить общую суть, и медленнее, если дается инструкция выяснить детали или проанализировать идеи) [212]. Поскольку когнитивные функции развиваются в ходе обучения, то скорость чтения должна возрастать соответственно повышению уровня образования.

Исходя из проведенного исследования на выборке 533 испытуемых в разных регионах России в возрасте от 19 до 70 лет следует (рис. 4.1), что скорость чтения взрослых не связана с возрастом и полом, а зависит, главным образом, от уровня образования и от практики чтения [93]. Связь скорости чтения с образовательным уровнем позволяет использовать этот параметр как косвенный показатель качества образования. В этом смысле скорость чтения может служить одним из критериев при оценке общего результата обучения – образованности человека. Значение и динамика роста скорости чтения могут быть использованы как показатели обратной связи при формировании индивидуальных образовательных траекторий и планировании нагрузки для обучаемых.



**Рис. 4.1.** Различия в скорости чтения про себя в группах испытуемых с разным уровнем образования (показаны средние значения и ошибка среднего)

В связи с развитием технологий обучения, внедрением телеобучения закономерно изменился характер учебной деятельности студентов. Теперь это преимущественно онлайн-работа с использованием различного программного обеспечения. Онлайн-среда дает одну интересную возможность – оценивание

когнитивных способностей по косвенным признакам – следам онлайн-активности. Уже реализованы некоторые проекты для оценки внимания пользователей поисковых систем, изучения потребительской активности интернет-пользователей. Важным условием развития такого направления явились успехи в технологиях обработки больших данных, в том числе и в сфере образования.

Студенты вузов, реализующие телеобучение, проводят много времени, выполняя задания в специальной электронной образовательной среде (LMS<sup>1</sup>). Соответственно, информационная среда вуза день за днем способна накапливать множество следов познавательной активности студента. Кроме традиционных академических оценок, это и время решения разных задач, время прочтения инструкции, семантическая сложность текстов, которые пишут студенты (такие критерии уже разработаны [69]), сложность составленных ими логических схем по теме и т. д. Важна и общая динамика освоения учебной программы: при одинаковой учебной активности кто-то осваивает программу быстрее, а кто-то – медленнее. Образовательная среда современного вуза способна накапливать гигантские объемы таких косвенных показателей и, применяя технологии работы с большими данными, извлекать из них информацию о текущем уровне и динамике образовательных способностей студентов. Конечно, косвенные измерения имеют множество ограничений, но есть и некоторые возможности, выгодно отличающие их от классических тестов «прямого» измерения интеллекта.

## **4.2. Обучаемость и скорость мыслительных процессов**

В структуре академического интеллекта операция классификации занимает одно из центральных мест. Способнос-

---

<sup>1</sup> Learning Management System – специализированное программное обеспечение, предназначенное для образовательной деятельности в рамках электронного обучения.

ти классификации включены в состав шкалы Векслера, теста ШТУР, теста Амтхауэра, теста АСТУР и др. Классификация, по сути, состоит в систематизации, распределении каких-либо предметов, явлений, понятий по классам, группам, разрядам на основе общих признаков. Понимание структуры явления включает в себя выделение в нем значимых элементов, постижение связей между ними, мысленную реконструкцию явления на основе наиболее существенных связей. Классификация есть объединение по группам элементов, характеризующихся общей для каждой группы смысловой связью. Таким образом, классификация – мыслительная операция, участвующая в постижении связей между явлениями и в понимании их внутренней структуры.

Как мыслительная операция, классификация может выступать в качестве необходимого приема при запоминании, повышая его эффективность. Некоторые мнемические приемы обработки запоминаемого материала могут совершаться при незначительной смысловой обработке на перцептивном уровне: выделение опорного пункта, группировка, выделение последовательностей, ассоциации. Основной чертой такого типа запоминания является то, что информация (сообщение, текст) разбивается на части не по внешним признакам, а по смысловому содержанию на основе единства микротем.

Для овладения новым учебным материалом необходимо применять классификации, основанные на более сложных способах переработки: аналогия, систематизация, структурирование. При этом происходит процесс установления взаимного расположения частей, составляющих целое, определение внутреннего строения запоминаемого. Причем созданные сложные единицы имеют свойство транзитивности, обратимости, т. е. могут быть декодированы в первоначальные сообщения. В результате формируется новая мысленная репрезентация; это происходит путем преобразования информации, достигаемо-

го в сложном взаимодействии мысленных атрибутов суждения, абстрагирования, рассуждения и воображения.

Обучение – это процесс, в котором существенное место занимает построение мысленных моделей изучаемых явлений. Таким образом, оценка индивидуальных скоростных параметров учебной деятельности может быть расширена еще одной характеристикой познавательной деятельности, важной для обучения, – *темпом операции классификации* (ТОК). Поскольку время обучения в любом учебном заведении ограничено, индивидуальный темп, в котором протекают мыслительные операции, является фактором продуктивности усвоения. Очевидно, чем динамичнее разворачиваются мыслительные операции, тем больше информации может быть усвоено. Для оценки интеллектуальных способностей в процессе обучения была разработана специальная методика, измеряющая ТОК [77].

**Методика ТОК** разработана на материале субтестов «аналогии» и «обобщение понятий» интеллектуального теста АС-ТУР. Испытуемому предлагается выполнить два вида заданий. В первом субтесте – «аналогии» – испытуемый должен выполнить 40 заданий такого рода: «Даны два понятия, обозначим их как первое и второе. Рядом с первым помещен значок «х», рядом со вторым – «у». Из помещенных ниже пар слов нужно выбрать такое, чтобы первое слово из этой пары можно было поставить на место «х», а второе слово – на место «у». При этом отношения между словами в левой и правой частях должны быть одинаковыми».

Например, *стол: х = чашка: у:*

- а) *мебель – кофейник;*
- б) *обеденный – посуда;*
- в) *мебель – посуда;*
- г) *круглый – ложка;*
- д) *стул – пить.*

Второй субтест «обобщение понятий» содержит 15 заданий, и испытуемый должен работать по следующей инструк-

ции: «Даны шесть слов. Среди них есть два, которые можно объединить по какому-то общему признаку».

Например: а) кошка; б) попугай; в) дог; г) жук; д) спаниель; е) ящерица.

Выполнение каждого вида заданий оценивается по количеству правильно решенных заданий и времени, затраченному на их выполнение. На основании этих данных вычисляется ТОК:

$$\text{ТОК} = \frac{N}{T} \cdot 2\,700,$$

где  $N$  – число правильно решенных заданий;  $T$  – время, затраченное на решение; 2 700 – постоянный коэффициент, равный количеству секунд в одном академическом часе (45 мин). Таким образом, в заданиях «анalogии» и «обобщение понятий» измеряются время выполнения, количество правильных ответов и их соотношение как ТОК. Показатели ТОК значимо коррелируют с оценками успеваемости студентов [99].

Методика ТОК имеет существенные преимущества для проведения массовых исследований интеллекта в условиях вуза: направлена на диагностику важных для обучения интеллектуальных способностей, требует мало времени для ее проведения, оценивает продуктивность учебной деятельности, стандартизована относительно шкалы интеллекта. Полученные с ее помощью данные о способностях студентов позволяют учитывать факторы их индивидуальных способностей при проектировании учебного процесса в вузе.

#### **4.3. Темп усвоения знаний**

С мышлением тесно сопряжена память, и оба этих процесса являются ключевыми для оценки перспектив обучения. При изучении памяти в контексте обучаемости первостепенными представляются характеристики не видов памяти (оперативная, долговременная и т. д.), а прежде всего особенности ее функци-

онирования – скорость и объем запоминания, длительность сохранения. Эти характеристики памяти находят свое воплощение в таком понятии, как *темпы усвоения знаний*. Под темпом усвоения знаний понимается индивидуальная психофизиологическая характеристика обучаемого, выражающая его способность усваивать определенное количество информации в единицу времени.

Для определения индивидуальных особенностей усвоения новых понятий с 1996 г. под руководством проф. М.П. Карпенко разрабатывалась и стандартизовалась методика «Темп усвоения знаний» (ТУЗ) [14]. Она представляет собой список из 20 пар понятий для заучивания: первые понятия в каждой паре – редко употребляемые старорусские или иностранные слова, а вторые слова – их перевод; бланки воспроизведения, которые содержат только переводы понятий, расположенные на листе каждый раз в измененной последовательности.

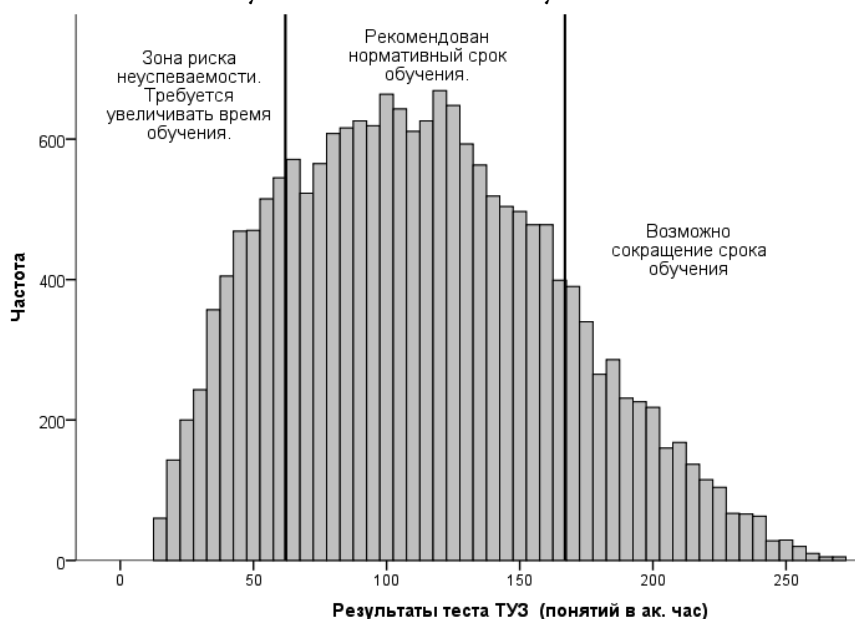
Перед испытуемыми ставится задача как можно быстрее заучить новые понятия и запомнить их значение. Процедура состоит в следующем: испытуемый заучивает понятия до тех пор, пока не находит нужным проверить себя. В тот момент, когда испытуемый хочет проверить прочность своего запоминания, он дает сигнал экспериментатору, который фиксирует время, затраченное на заучивание. После этого испытуемому выдается бланк воспроизведения, где отражены только русские эквиваленты заучиваемых понятий, а испытуемый должен рядом с русскими понятиями написать их иностранные эквиваленты. Всего предоставляется три попытки заучивания с последующим воспроизведением понятий. Перед третьим воспроизведением испытуемые выполняют задание – дистрактор (арифметические подсчеты в уме), что обеспечивает стирание следов в кратковременной памяти и актуализацию усвоенных понятий из долговременной памяти. Для каждой попытки фиксируется время, затраченное на заучивание, и количество правильно выученных понятий, время воспроизведения не регистрируется [14].

Значения индивидуального темпа усвоения знаний в концептах (заученных понятиях) за один академический час рассчитываются следующим образом:

$$ТУЗ = \frac{N}{T} 2\,700,$$

где  $N$  – количество правильно выученных понятий;  $T$  – время заучивания, с; 2 700 – постоянный коэффициент, равный количеству секунд в 45 мин, т. е. в одном академическом часе.

Методика ТУЗ применяется в качестве методического инструмента в целях совершенствования процесса обучения. Получение нормативных данных по ТУЗ (рис. 4.2) для различных возрастов учащихся дает возможность конструировать учебные планы с учетом возрастных и индивидуальных особенностей каждого студента [38]. Сведения об индивидуальных значениях темпа усвоения знаний могут быть использованы



**Рис. 4.2.** Распределение показателей тест ТУЗ (выборка студентов 2000–2014 гг.) (показаны зоны соответствия индивидуальных особенностей темпа усвоения знаний рекомендуемой продолжительности обучения)

для расчета индивидуального времени обучения. Разработаны бланковый и компьютерный варианты этой методики.

Значение такой технологии, как методика ТУЗ, можно оценить на примере исследования, проведенного в сельской Португалии, где, благодаря традиции оставлять старшую дочь при доме помогать по хозяйству, а следующую за ней дочь отправлять в школу, в качестве испытуемых удалось привлечь грамотных и неграмотных взрослых женщин с полностью совпадающей социокультурной средой [124]. Исследование проводилось с использованием метода позитронно-эмиссионной томографии. Испытуемых просили повторять вслух слова и псевдослова (бессмысленные наборы букв, похожие на слова родного языка). И если при повторении слов различий в активации мозга не обнаруживалось, то при повторении псевдослов в мозге только грамотных испытуемых активировался целый ряд зон, связанных с фонологическим анализом стимулов, в то время как в мозге неграмотных испытуемых активация этих зон не наблюдалась (а сама задача оказалась для неграмотных испытуемых сложнее и, судя по характеру ошибок, решалась посредством имитации звучания псевдослов на основе знакомых слов). Данный естественный эксперимент соответствует парадигме тестирования ТУЗ, где испытуемые также сталкиваются с ранее неизвестными им словами. Таким образом, можно вполне обоснованно предположить, что показатели методики ТУЗ отражают способности структур мозга к обработке вербальной информации и являются важным предиктором образованности [14].

Темп усвоения новых понятий является индивидуально устойчивой характеристикой. В исследовании по схеме тест-ретест испытуемые заучивали список из 20 новых понятий в соответствии с требованиями, указанными к методике ТУЗ [77]. При проведении повторного исследования (ретест) испытуемым при полностью совпадающей процедуре проведения исследования давался другой список слов для заучивания.

Стабильность показателей ТУЗ оценивалась по коэффициенту ранговой корреляции Спирмена между результатами первого и повторного исследований  $R = 0,79$ .

Результаты проведенного исследования показывают, что наряду с общим показателем ТУЗ ( $R = 0,79$ ) устойчивой характеристикой является такой показатель, как количество слов при третьей попытке ( $R = 0,62$ ). При этом показатель времени на запоминание трех попыток не отвечает критериям стабильности и может меняться от испытания к испытанию ( $R = -0,22$ ).

На темп усвоения знаний влияют особенности инструкции на запоминание [30]. Так, в качестве независимой переменной рассматривались следующие виды инструкций:

- запоминание в свободном режиме;
- запоминание с установкой на скорость;
- запоминание с установкой на точность;
- запоминание с установкой на скорость и точность одновременно;
- запоминание при одноразовом прочтении списка слов.

При сравнении результатов оказалось, что эффективной является инструкция с одноразовым прочтением списка слов для заучивания. Меньший темп отмечается при инструкции на скорость и значительно меньший – при инструкции на точность. В то же время наиболее показательной для характеристики индивидуальности и имеющей наиболее тесные взаимосвязи с другими психологическими особенностями (памятью, интеллектом, когнитивными стилями, оценками успеваемости) оказалась «свободная» инструкция, когда испытуемый сам определял для себя удобный темп изучения и проверки усвоенного. Она в наибольшей степени приближается к естественным условиям, в которых происходит реальное обучение студентов. Ее можно считать своеобразной моделью самостоятельной работы студентов.

**ТУЗ и успешность обучения.** Методика ТУЗ имеет важную прогностическую ценность: она дает возможность прогнози-

ровать не только время обучения студента, но и успешность обучения. Подтверждение тому получено в исследовании связи темпа усвоения знаний и успеваемости разных категорий обучающихся: младших подростков (11–12 лет), старших подростков (15–16 лет) и студентов [38]. Индекс успеваемости рассчитывался как сумма баллов по шести предметам у младших подростков, по девяти – у старших и по 36 – у студентов. Наиболее тесные корреляционные взаимосвязи установлены для выборки школьников (табл. 4.2).

Таблица 4.2

**Взаимосвязь темпа усвоения знаний и индекса  
успеваемости у школьников и студентов  
(коэффициент корреляции Пирсона)**

| <b>Выборка</b>                                                      | <b>Значение коэффициента корреляции<br/>ТУЗ – успеваемость (<math>p &lt; 0,05</math>)</b> |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Младшие подростки (11–12 лет)                                       | $r = 0,48$                                                                                |
| Старшие подростки (15–16 лет)                                       | $r = 0,36$                                                                                |
| Студенты (17–20 лет), общая успеваемость                            | $r = 0,20$                                                                                |
| Студенты (17–20 лет), успеваемость по предметам гуманитарного цикла | $r = 0,36$                                                                                |

Как видно из табл. 4.2, корреляционная связь темпа усвоения знаний и академической успеваемости различна у разных выборок обучающихся. Она в максимальной степени выражена у младших школьников (5–6 класс средней школы). Затем эта связь постепенно ослабевает: у десятиклассников зависимость выражена слабее ( $r = 0,36$ ), чем у шестиклассников ( $r = 0,48$ ). Наиболее слабая она у студентов ( $r = 0,20$ ). Однако и в студенческой выборке при рассмотрении корреляции

онных связей с предметами гуманитарного цикла (иностран- ный язык, риторика и др.) взаимосвязь выражена сильнее ( $r = 0,36$ ). Соотношение между показателями ТУЗ и оценками ака- демической успеваемости могут оцениваться как подтвержде- ние валидности темпа усвоения знаний, рассматриваемого как один из показателей обучаемости.

Как характеристика обучаемости, ТУЗ закономерно связан с продуктивностью основных средств обучения, используемых в образовательной технологии СГА. Статистически значимая взаимосвязь была установлена между продуктивностью рабо- чего учебника и ТУЗ, компьютерной обучающей программы в виде профтьютора и ТУЗ (на уровнях воспроизведения и узна- вания) (табл. 4.3). Выявлена также и статистически значимая положительная корреляция между продуктивностью видеолек- ции при коллективном просмотре и ТУЗ ( $r = 0,54$ ).

Таблица 4.3

**Взаимосвязь между темпом усвоения знаний  
и продуктивностью средств обучения  
(коэффициент корреляции Пирсона)**

| Усвоение различных средств<br>обучения студентами | Продуктивность               |                        |
|---------------------------------------------------|------------------------------|------------------------|
|                                                   | на уровне<br>воспроизведения | на уровне<br>узнавания |
| Рабочий учебник                                   | <b>0,60*</b>                 | 0,24                   |
| Компьютерное средство обуче-<br>ния (профтьютор)  | <b>0,50</b>                  | <b>0,60</b>            |
| Видеолекции в<br>групповом режиме просмотра       | 0,21                         | <b>0,54</b>            |

\*Жирным шрифтом выделены статистически значимые коэф- фициенты корреляции ( $p < 0,05$ ).

Результаты исследования полного усвоения информации с применением методики ТУЗ позволили составить формулу

прогноза временных затрат усвоения 20 понятий: время заучивания 20 понятий/с =  $12,2 + \frac{224}{\text{ТУЗ}}$ .

Располагая данными о количестве понятий, которые содержатся в учебном модуле, можно составить вероятностные прогнозы как времени изучения отдельных учебных дисциплин, так и индивидуального времени изучения в вузе.

Темп усвоения знаний тесно связан с темпераментом и скоростью чтения [29]. С показателями ТУЗ коррелируют такие особенности, как мотивация достижения, субъективная оценка легкости задания, субъективная оценка интереса к заданию, мотив состязательности [53]. В исследовании, посвященном изучению связи ТУЗ с особенностями темперамента, характера, самосознания, были составлены обобщенные психологические портреты студентов с высокими и низкими значениями ТУЗ [100]. В исследовании применялся 16-факторный личностный опросник Кеттелла, тест темперамента А.И. Крупнова, методика определения типа личности Кейрси, методика «Самооценка». Студентов с высокими значениями темпа усвоения знаний характеризуют следующие особенности: высокая эмоциональная чувствительность, активность, настойчивость в коммуникативной сфере, пластичность в психомоторной сфере, общительность, рефлексивность, образность восприятия, богатое воображение, тревожность, стремление к многовариантности при планировании поведения, мобильность, изменчивость планов (тип N в классификации Кейрси). Эти проявления сочетаются с оценкой процесса заучивания как легкого, не требующего особых усилий, и интересного.

Студентов с низкими значениями темпа усвоения знаний отличает сниженный эмоциональный контроль, лень, недобросовестность, недостаток воображения и находчивости, низкая социальная проницательность в объяснении мотивировок поведения, несамостоятельность, зависимость от мнения, поддержки окружающих, слабая воля, неумение организовать

свою работу и время; в то же время они стремятся опираться на жестко заданную извне регламентацию деятельности (тип S в классификации Кейрси). Этим студентам свойственно низкое оценивание своих результатов и отношение к процессу запоминания как к трудному и неинтересному.

Применение множественного регрессионного анализа позволило установить факторы, оказывающие влияние на темп усвоения знаний. Наиболее сильными предикторами являются когнитивные факторы: память, вербальный и социальный интеллект, когнитивный стиль «импульсивность-рефлексивность». Таким образом, хорошая память, вербальный и социальный интеллект, большая аналитичность при классификации объектов, высокий уровень метапамяти, умение использовать продуктивные стратегии решения способствуют более высокому темпу усвоения новых понятий. Из личностных характеристик, вошедших в число восьми наиболее значимых предикторов, которые влияют на темп, взяты мотивация достижения и две динамические характеристики – скоростные возможности нервной системы (темперамента). Общий коэффициент корреляции между совокупным влиянием выделенных когнитивных и личностных детерминант индивидуальности и темпом усвоения новой информации достаточно высокий  $r = 0,76$ , что объясняет порядка 57% вариативности ТУЗ.

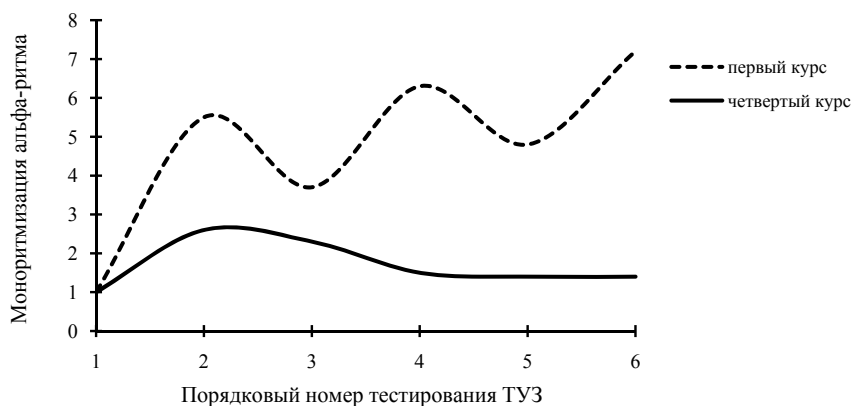
**ЭЭГ-корреляты ТУЗ.** Изучение ЭЭГ-коррелятов (маркеров) ТУЗ позволило установить, что с индивидуальными скоростными характеристиками памяти коррелирует количественное выражение ДАР головного мозга, что отражает вовлечение в мнестические процессы неспецифической активационной системы мозга [45]. Последняя играет важную роль в обеспечении ориентировочной реакции, влияющей на воспроизведение запомненного материала.

Следовательно, ДАР может рассматриваться в качестве объективного количественного показателя вовлечения как

экзогенных (при запоминании), так и эндогенных (при воспроизведении запомненного) когнитивных механизмов. Помимо ДАР на экзогенные воздействия (ДАР1) и эндогенные воздействия (ДАР2), в качестве ЭЭГ-маркеров ТУЗ могут служить и другие ЭЭГ-индикаторы: мощность альфа-диапазона как показатель выраженности перцептивной защиты в период воспроизведения выученных слов и моноритмизированный альфа-ритм (МАР) – показатель степени сосредоточенности. Данные корреляционного анализа показали, что только МАР можно отнести к показателям эффективности запоминания, так как сила корреляционной связи ТУЗ с коэффициентами ДАР1, ДАР2 и мощности альфа-диапазона значимо не выражена [45]. Выявлено, что значения ЭЭГ-маркеров ТУЗ не коррелируют между собой и, по-видимому, отражают разные, слабо связанные между собой когнитивные процессы в ЦНС, которые задействованы при тестировании ТУЗ.

При детальном анализе индивидуальных изменений показателя МАР в процессе длительной информационной нагрузки выяснилось, что это изменение нелинейно. Для первокурсников как СГА, так и вузов с традиционной технологией обучения характерна многофазная синусоидальная зависимость с существенным повышением величины МАР к концу обследования; для обеих групп старшекурсников – однофазная (типа кривой насыщения), с очень слабой тенденцией к нормализации в конце информационной нагрузки (рис. 4.3).

На рис. 4.3 видно (верхняя кривая), что в процессе длительной информационной нагрузки степень сосредоточенности у первокурсников меняется, то увеличиваясь, то уменьшаясь, но при этом сохраняется общая тенденция к увеличению. У студентов четвертого курса кривая сосредоточенности проходит на более низком уровне (нижняя кривая), чем у первокурсников. Отмечается очень короткий нестабильный период, который заканчивается уже ко второму воспроизведению слов, и плавный переход к стабильному состоянию практически



**Рис. 4.3.** Динамика МАР у студентов первого и четвертого курсов при длительной информационной нагрузке (данные нормированы по фоновому значению)

ки на уровне фоновых значений. Следовательно, МАР может выступать в качестве маркера эффективности запоминания только у студентов первого курса, т. е. в период, когда активно формируются когнитивные навыки с максимальным вовлечением процессов самоконтроля.

Таким образом, информативным ЭЭГ-маркером ТУЗ является МАР и с его помощью можно объективно изучать влияющие на процесс запоминания психофизиологические факторы. Сравнение старшекурсников вуза с телеобучением и старшекурсников вузов с традиционной технологией обучения показало, что у первых реже встречается и менее выражена генерализованная фаза неспецифической активации, быстрее происходит угашение ориентировочного рефлекса, легче достигается оптимальный уровень перцептивной защиты и сосредоточенности, а также практически не встречается нестационарный характер динамики когнитивных процессов (более энергозатратный) в процессе длительной информационной нагрузки. Отсутствие таких различий между первокурсниками СГА и вузов с традиционной технологией обучения позволяет предположить, что дистанционные технологии

обучения способствуют развитию устойчивости к информационным нагрузкам.

Для понимания того, каким образом можно было бы способствовать наиболее полному усвоению знаний, был проведен анализ психофизиологических особенностей лиц, неспособных к полному запоминанию списка из 20 слов. Оказалось, что их ЭЭГ имеет ряд особенностей:

- низкоамплитудный, «плоский» тип фоновой биоэлектрической активности;
- замедление тета-ритма;
- ускорение или замедление альфа-ритма;
- при фотостимуляции либо удлинение участка десинхронизации, либо парадоксальная реакция – усиление альфа-активности;
- при умственной нагрузке либо усиление эффекта десинхронизации, либо парадоксальная реакция – повышение альфа-активности.

Перечисленные особенности ЭЭГ имеют общий нейробиологический «знаменатель» – нарушение функции активирующих систем мозга, обусловленный индивидуальными свойствами нервной системы, функциональными расстройствами или соматическими заболеваниями. Фактор возраста играет в данном случае предрасполагающую роль, т. е. способствует проявлению и усиливает уже имеющийся дисбаланс систем неспецифической регуляции.

Процесс усвоения знаний можно рассматривать как связывание нового элемента (новой информации) с уже известными узлами нейронной сети. Индивидуальный темп таких процессов имеет важное практическое значение для обучения. Методика ТУЗ позволяет оценить временные характеристики развития нейронной сети: какое количество новой информации человек может усвоить в единицу времени [75].

Измерение скорости усвоения новой информации предоставляет значительные возможности. Во-первых, получены нормативные значения темпа усвоения знаний для разных

возрастов. Такая зависимость дает емкую информацию о познавательных возможностях человека на протяжении разных периодов жизни и позволяет рассчитать для них нормативные нагрузки. Во-вторых, введение этого показателя способствует дозированию знаний и, таким образом, решению проблемы информационной перегрузки. В-третьих, использование показателя ТУЗ позволяет по расчетному объему закладываемых знаний научно обосновать содержание программ по разным дисциплинам. В-четвертых, эта информация позволит предсказывать индивидуальное время обучения и нормирование объемов учебной работы, что актуально при гибком индивидуальном временном графике обучения, а также нормирование объемов учебной работы. И, наконец, на основании проведенных исследований установлено, что ТУЗ дает возможность прогнозировать не только время обучения студента, но и будущую успешность обучения.

#### **4.4. Психофизиологические критерии образованности**

Современные научные данные позволяют предположить, что образованность как физиологические изменения высшей нервной деятельности, происходящие в результате длительной учебной работы, проявляются в целом комплексе эмпирических индикаторов. Такие индикаторы могут быть связаны с реорганизацией когнитивных механизмов восприятия нового. Данное предположение основано на имеющихся современных концепциях, согласно которым важным звеном в обучении является формирование ожидания – *предсказание*. Предсказание не отображение новой информации, а формирующаяся на основе ее анализа *гипотеза*. Гипотеза либо подтверждается, либо опровергается вновь поступающей информацией, что, в свою очередь, ведет к созданию нового ожидания (нового предсказания, новой гипотезы). В результате всякое новое перестает быть новым и переходит в знания.

Образованный человек в результате бóльшей учебной работы имеет лучшие способности в обработке неопределенной информации. Это означает, что у образованного человека в одной и той же новой ситуации с неопределенным исходом возникает больше гипотез и они быстрее проверяются. Человек с низким уровнем образованности будет менее эффективно работать с неопределенной информацией. Обобщенные подходы к определению параметров образованности приведены на рис. 4.4.

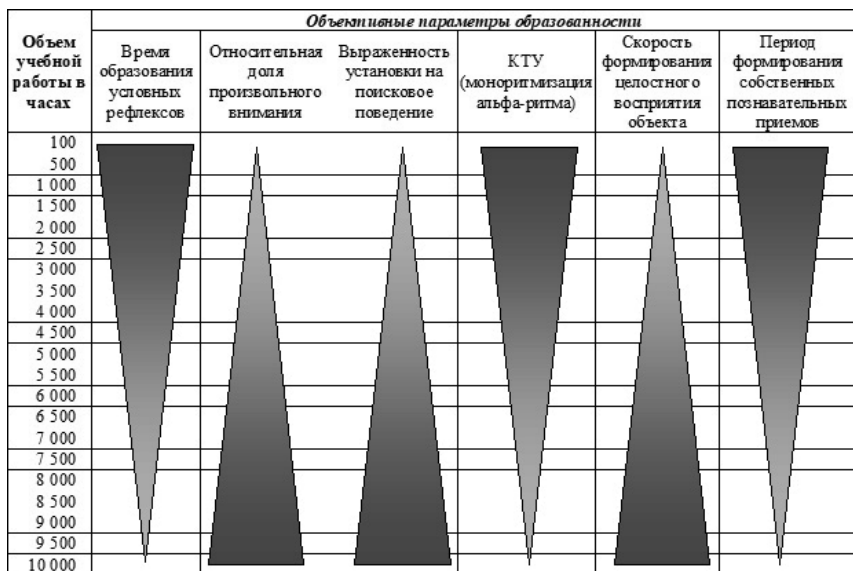


Рис. 4.4. Динамика объективных индикаторов образованности в зависимости от продолжительности учебной работы

Таким образом, **шкала образованности** индивида развивается в континууме, на одном конце которого неэффективность работы с новой информацией (гипотез мало, или они медленно проверяются), а на другом – компетентность (гипотез много, и они обрабатываются максимально быстро).

Процесс первоначального выдвижения гипотезы, а затем перехода от гипотезы к знанию в терминах ориентировоч-

ной реакции выражается как *габитуация* (*habituation*). Габитуация – фундаментальное биологическое явление, свойственное всем животным, которое лежит в основе обучения. Физическая суть габитуации – формирование нейронной модели стимула. В собственном смысле данного понятия этот функциональный механизм означает привыкание, а в контексте обучения он отражает окончание периода неопределенности, переход от неопределенности к компетентности. Таким образом, можно предположить, что у более и менее образованных испытуемых будет различие в величине и динамике габитуации. Психофизиологические маркеры габитуации могут быть получены при анализе основных подсистем мозга – активационной, эмоционально-мотивационной и когнитивной:

- активационная подсистема обеспечивает прямые специфические активирующие влияния на подсистемы более высокого (когнитивного) уровня;

- в реализации эмоционально-мотивационной реактивности задействованы срединные структуры мозга, входящие в состав круга Пейпица;

- когнитивная подсистема – корково-подкорковые реверберационные контуры запоминания и воспроизведения информации.

Отсюда следует, что объективная шкала образованности может быть построена на анализе в габитуации вызванных потенциалов (как показателя эффективности когнитивной сферы) в ответ на повторяющиеся значимые и незначимые стимулы. Последнее дает основание для использования канала регистрации вызванных потенциалов комплекса Вигорос, хорошо зарекомендовавшего себя в объективной оценке маркеров вигоросности [41]. Получение значимых корреляций габитуации вызванных потенциалов с показателями образованности позволит интерпретировать последнюю в терминах научных концепций, разработанных для описания способов работы организма человека с новой информацией.

Образованность в базовом смысле может быть рассмотрена как переход от безусловного рефлекса к условному по И.П. Павлову (показателем образованности будет служить скорость образования условных рефлексов). С другой стороны, образованность характеризует переход активного состояния к реактивному, по Н.А. Бернштейну (активное состояние, проявляемое в виде ориентировочной реакции, являющейся основой произвольного внимания, уступает место реактивному вызванному состоянию, частным случаем которого выступает произвольное внимание; соотношение этих видов внимания при обработке информации будет являться индикатором образованности). При этом качественное обучение обеспечивает сдвиг от стереотипного, хаотического и избегающего поведения к поисковому. Согласно В.С. Ротенбергу, поисковая активность проявляется в оптимальной стратегии обработки неопределенной информации. Это соответствует переходу от предметного обучения к разработке собственных способов познания, формированию индивидуальных познавательных стратегий.

Использование идеи перехода от генерализованной неспецифической активации к формированию «нервной модели стимула», по Е.Н. Соколову, объясняет, почему лица с более высоким уровнем образованности затрачивают меньше времени на распознавание сложных объектов, малообразованные – большую часть времени тратят на изучение отдельных элементов объекта и затрудняются в формировании целостных сложных образов. Важным критерием образованности является снижение «контроля, требующего усилий»<sup>1</sup>. Объективным физиологическим показателем «контроля, требующего усилий» служит МАР головного мозга человека. Понимание фундаментальной нейронной природы образованности позволяет перейти к поиску ее психофизиологических критериев.

---

<sup>1</sup> Контроль, требующий усилий, – международный термин, используемый для оценки когнитивных навыков.

Приобретение знания сопровождается морфологической и функциональной перестройкой мозга. В целом образованность можно рассматривать как результат учебной работы, проявляющийся в функциональной тренировке головного мозга. Объективная диагностика образованности, таким образом, возможна с помощью прижизненной морфометрии (в научных целях) либо психофизиологических методик (в практических целях). Диагностика образованности объективными методами приобретает важное значение в условиях многообразия образовательных программ, когда уже не может быть применена единая система оценки усвоенных дидактических единиц и когда педагог перестает быть эталоном знания и непререкаемым экспертом. Наиболее перспективным в этом плане является развитие роботизированных образовательных технологий [88].

Как отмечалось в главе 2, процессы когнитивной обработки (восприятие, внимание, запоминание) связаны с альфа-ритмом. Действительно, согласно Н. Винеру, Г. Уолтеру, П.В. Симонову, ритмичность и четкая периодичность альфа-ритма определяют его возможную роль в сканировании и квантовании поступающей информации. Хорошо известен факт, что ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования характеризуется периодическими «вспышками» альфа-ритма (рис. 4.5).



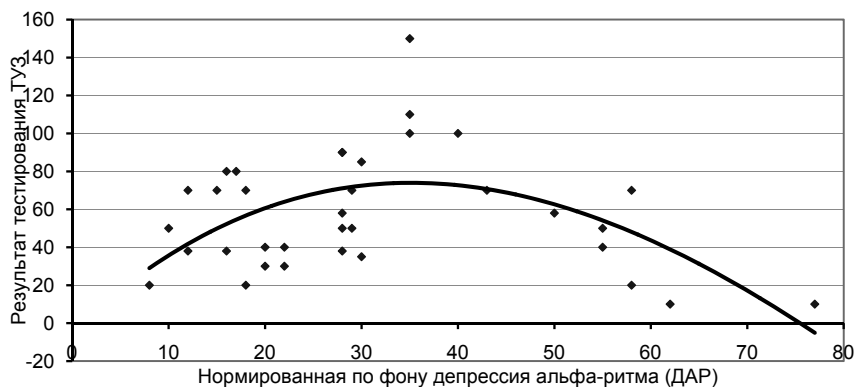
Рис. 4.5. ЭЭГ человека в состоянии спокойного бодрствования

Характер ЭЭГ зависит от характера когнитивной деятельности, психосоматического состояния испытуемых, накопленных им прежде знаний и эмоционально-мотивационной установки. Указанная на рисунке ритмичность альфа-ритма, очевидно, отражает два основных познавательных процесса – восприятие новой информации и ее переработку (систематизацию, интегрирование с ранее полученной информацией, интерпретацию). Этапу переработки информации соответствует повышение представленности альфа-ритма. Так, медитация, йога и некоторые глубокие состояния гипнотического транса характеризуются преобладанием высокоамплитудного альфа-ритма.

Важное значение имеет вариативность интервалов между вспышками альфа-ритма – его депрессия. Анализ этого феномена показывает, что ДАР характеризуется снижением его мощности по всей широте спектра. При этом между выраженностью альфа-ритма и степенью церебральной активации имеется обратная зависимость: чем выше активность восходящей активирующей ретикулярной формации, тем меньше альфа-ритма на ЭЭГ. Следовательно, ДАР является показателем внимания и восприятия информации. При нормальном психосоматическом состоянии и равных прочих условиях ДАР зависит от степени новизны и значимости информации для испытуемых. Частично или полностью известная индивиду информация вызывает относительно непродолжительную ДАР. При тех же условиях и нормальном психосоматическом состоянии более продолжительную ДАР вызывает совершенно новая для испытуемого информация с неопределенной для него значимостью. Таким образом, феномен ДАР, выражающийся в снижении его мощности, является маркером периодов внимания и восприятия информации и показывает преобладание в конкретный момент времени процессов восприятия над обработкой информации.

Проведенное ранее изучение ЭЭГ-маркеров процессов усвоения знаний [44] позволило установить, что значение

ДАР, возникающей в период воспроизведения заученного материала, может отражать высокий, нормальный и низкий ТУЗ. При этом взаимосвязь между ТУЗ и ДАР носит нелинейный характер (рис. 4.6). Аппроксимированные по методу наименьших квадратов значения ДАР при тестировании ТУЗ свидетельствуют о том, что наилучшие результаты тестирования ТУЗ показывают студенты со средними и низкими показателями ДАР.



**Рис. 4.6.** Взаимосвязь ДАР и ТУЗ (сплошной линией обозначена полиномиальная аппроксимация со степенью 3)

Среди психофизиологических коррелятов когнитивных процессов особое место занимает выявленное при спектральном анализе ЭЭГ перераспределение частот альфа-диапазона, проявляющееся в резком сужении полосы альфа-ритма – его моноритмизация [57]. Согласно современным данным МАР соответствует реакции активации (arousal), связанной с активационным компонентом, и характеризует заинтересованность субъекта, начало обработки им внешней информации. Проведенный в исследовании [44] анализ альфа-диапазона в фоновой записи ЭЭГ и в записях при тестировании ТУЗ выявил качественно разные вспышки альфа-ритма. Наряду с полимодальными широкополосными (8–12 Гц) вспышками

альфа-ритма имеют место мономодальные, или узкополосные (9–10 или 8–9 Гц), его вспышки. В последнем случае модальная частота альфа-распределения по мощности могла в несколько раз превосходить мощность остальной части альфа-спектра (рис. 4.7). Доля мономодальных вспышек альфа-ритма возрастает в процессе длительной информационной нагрузки, и это дает основания полагать, что МАР свидетельствует о глубине обработки информации и является мерой сосредоточенности испытуемых на решении разных когнитивных задач.

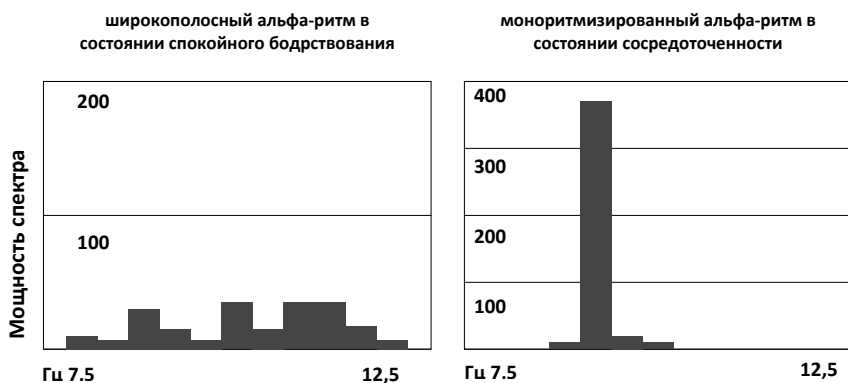


Рис. 4.7. Феномен моноритмизации альфа-ритма

В ходе проведенного эксперимента доля мономодальных вспышек альфа-ритма закономерно возрастала в процессе повторных тестирований ТУЗ ( $p < 0,05$ ), создавая впечатление, что происходит частотное перераспределение альфа-спектра от полимодального к мономодальному. Иными словами, в альфа-спектре резко возрастала доля модальной частоты, притом что суммарное значение ее у одного и того же испытуемого в течение обследования практически не менялось.

Важно отметить, что корреляция между показателем МАР и ТУЗ была характерна не для всех групп студентов. Максимальное значение корреляционной зависимости МАР–ТУЗ отмечалось в группе первокурсников ( $r = 0,81$ ,  $p < 0,01$ ). Для

студентов старших курсов была характерна значительно более слабая связь МАР и ТУЗ ( $r = 0,28$ ).

При детальном анализе индивидуальных изменений показателя МАР в процессе повторных тестирований ТУЗ выяснилось, что это изменение нелинейно. Для первокурсников характерна многофазная синусоидальная зависимость с существенным повышением мощности ЭЭГ к концу обследования. Для старшекурсников – однофазная (типа кривой насыщения), с очень слабой тенденцией к нормализации в конце повторных тестирований ТУЗ. Способность контролировать когнитивную сферу – один из аспектов сформированности «когнитивного навыка», называемого «контролем, требующим усилий» [70]. Наличие произвольного контроля мнестических функций является только первым шагом к успеху в обучении. Такой контроль необходим почти для 60% первокурсников, и, очевидно, он является критерием недостаточной сформированности мозговых механизмов эффективного обучения.

Практически 80% студентов четвертого курса имели показатель ТУЗ ближе к среднему. В связи с уменьшением дисперсии значений показателя ТУЗ корреляция между ТУЗ и МАР была слабой. При этом отмечалось быстрое угашение ориентировочной реакции (к третьему воспроизведению) и стабильная работа на уровне спокойного бодрствования. Такая ситуация возможна в том случае, если у испытуемых наработан «арсенал» когнитивных навыков, характерный для «образованного мозга», и вопрос состоит лишь в подборе оптимального варианта для решения конкретной задачи. Представляется, что *МАР обратно пропорциональна степени сформированности когнитивных навыков*, потому что главным результатом обучения является экономия энергетического ресурса нервными клетками за счет эффективного взаимодействия на клеточном уровне.

Полученные данные могут быть интерпретированы с точки зрения понимания образованности как результата учебной ра-

боты, проявляющегося в функциональном развитии головного мозга человека (нейропластичности). Такие функциональные изменения обученного учиться мозга связаны с проявлением в изменениях альфа-диапазона. Это позволяет выдвинуть следующую гипотезу: с ростом образованности у индивида меняется способ мыслительной работы, и это проявляется в балансе активационных систем, а именно процессов восприятия и обработки информации (средние значения ДАР) и в уменьшении усилий для обработки информации (низкие показатели МАР).

Экспериментальная проверка сформулированных предположений с участием испытуемых с высоким и низким уровнями образованности (оцениваемыми по формальному критерию – квалификационному уровню) показала, что динамика изменения МАР зависит от образованности. Степень нарастания МАР у «менее образованных» оказалась выше, чем у «образованных» (рис. 4.8).

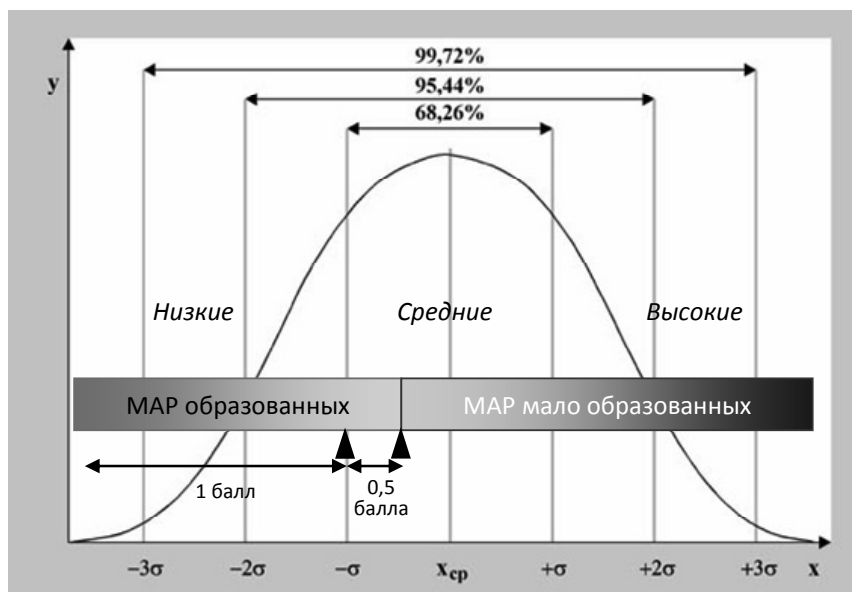
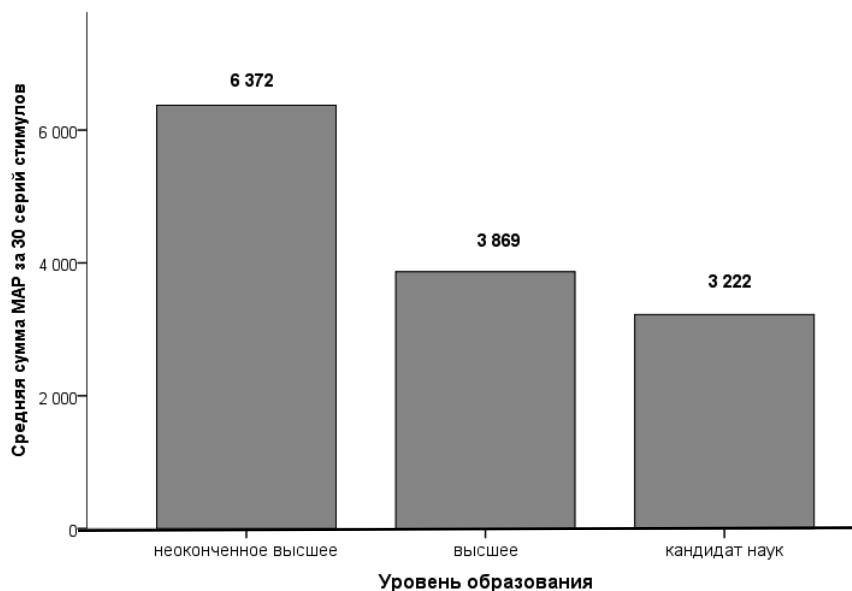


Рис. 4.8. Распределение МАР в выборке испытуемых и пороговые значения для фиксации критериев образованности

В целом у лиц без высшего образования более высокие значения МАР по сравнению с лицами, имеющими высшее образование (рис. 4.9). Таким образом, показатель МАР может быть использован в качестве объективного маркера функциональных изменений мозга человека в процессе обучения.



**Рис. 4.9.** Сравнение средней суммы значений МАР за 30 серий стимулов у испытуемых с различным уровнем образованности

Как уже отмечалось, наилучшие результаты тестирования ТУЗ у студентов со средними и низкими показателями ДАР. Такая же тенденция наблюдается при анализе различий испытуемых с более высоким и более низким уровнями образованности. Лица, имеющие высшее образование, демонстрируют средние и низкие значения ДАР, тогда как лица, не имеющие высшего образования, – более высокие значения ДАР. Поскольку альфа-ритм – важный показатель неспецифической активации мозга, то баланс активационных систем как раз и отражает уровень образованности. Очевидно,

индивиды с более высоким уровнем образования способны оптимально сочетать процессы восприятия и обработки информации, тогда как у индивидов с меньшим образовательным опытом баланс когнитивных процессов сдвинут в сторону восприятия информации. Следовательно, показатель ДАР может служить одним из объективных маркеров эффективности обработки информации и наряду с невысокими значениями МАР является вторым объективным критерием образованности (рис. 4.10).

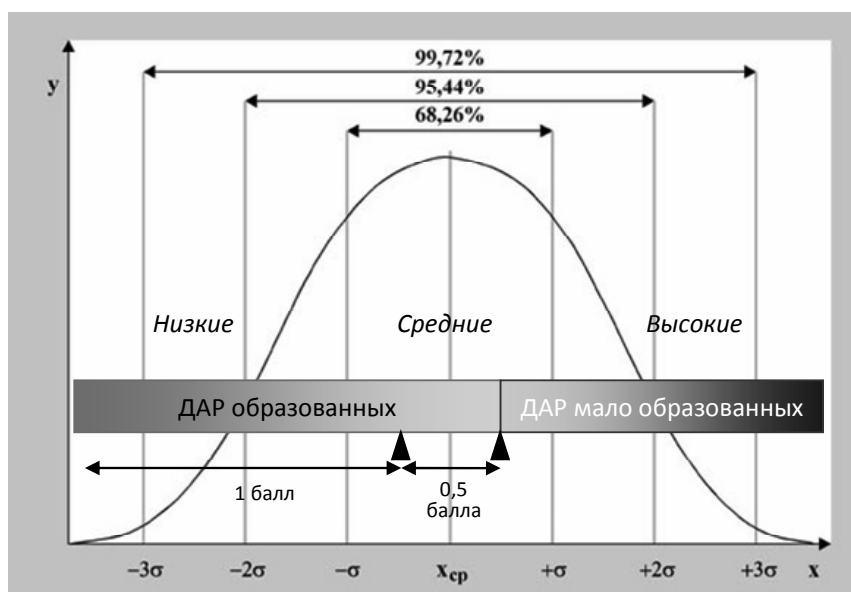


Рис. 4.10. Распределение ДАР в выборке испытуемых и пороговые значения для фиксации критериев образованности

Таким образом, за основу разработки объективной шкалы образованности могут быть взяты функциональные параметры активационной системы мозга – показатели альфа-ритма электрической активности головного мозга человека при обработке информации из внешней среды. Этими значимыми показателями являются ДАР в ответ на вызванные звуковые

индифферентные стимулы и МАР в ходе предъявления серии звуковых стимулов (табл. 4.4).

Таблица 4.4

**Соотнесение параметров альфа-ритма электрической активности головного мозга и уровня образованности**

| Параметр<br>альфа-ритма | Уровень образованности |                   |
|-------------------------|------------------------|-------------------|
|                         | высокий                | низкий            |
| Среднее значение МАР    | Низкий                 | Средний и высокий |
| Динамика нарастания МАР | Незначительная         | Значительная      |
| Средний уровень ДАР     | Низкий или средний     | Высокий           |

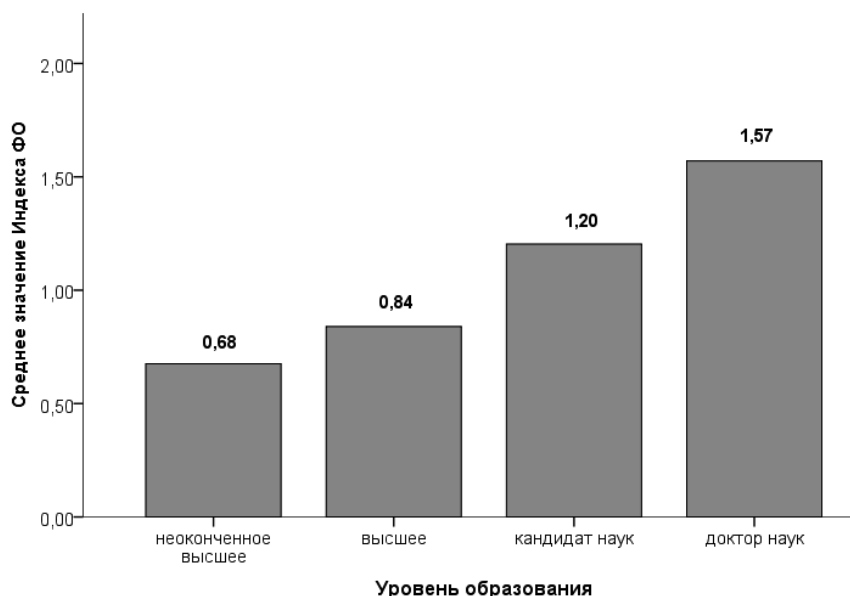
Представление о взаимосвязи параметров альфа-ритма и образованности (см. табл. 4.4) позволяет перейти к аналитическому описанию этой взаимосвязи. Так, формулу **индекса функциональной образованности** (НФО) человека можно будет представить в следующем виде:

$$E_f = P_{\text{МАР}} + P_{\text{ДАР}} - T_{\text{МАР}},$$

где  $E_f$  – индекс функциональной образованности человека;  $P_{\text{МАР}}$  – величина, на которую значения МАР ниже порогового значения;  $P_{\text{ДАР}}$  – величина, на которую значения ДАР ниже порогового значения;  $T_{\text{МАР}}$  – темп роста МАР.

Проведенный расчет ИФО для экспериментальной выборки подтвердил выдвинутые предположения о существовании наглядных различий по величине ИФО испытуемых с разным уровнем образования (рис. 4.11).

Таким образом, шкала образованности на основе функциональных параметров обработки информации головным мозгом приобретает количественную выраженность, что позволяет в дальнейшем перейти к экспериментальному исследованию связи функциональной образованности с объемом



**Рис. 4.11.** Средние значения ИФО испытуемых с разным уровнем образования

учебной работы (в часах занятий) и с объективными показателями усвоенных знаний человеком (степами и линками). Предварительная оценка соотношения различных критериев образованности приведена в табл. 4.5.

Полученные данные могут быть интерпретированы с точки зрения понимания образованности как результата учебной работы, проявляющегося в функциональном развитии головного мозга человека. Такое развитие заключается, прежде всего, в определенном балансе активационных систем мозга, соответствующем оптимальным стратегиям обработки информации. Конкретными индикаторами таких стратегий является соотношение МАР и ДАР. У лиц с более низким уровнем образования наблюдается более высокая сосредоточенность обработки информации при относительно меньшей доле времени на эту обработку. У лиц с высоким уровнем образованности

Таблица 4.5

**Соотношение критериев образованности в учебных часах, усвоенных понятиях и условных единицах, отражающих функциональные изменения головного мозга**

| Уровень образования | Количество проделанной учебной работы |                              |                                                    | Результат обученности мозга (ИФО), средние значения, усл. ед. |
|---------------------|---------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                     | в часах                               | в часах (нарастающим итогом) | в понятиях (нарастающим итогом с учетом забывания) |                                                               |
| Среднее             | 10 600                                | 10 600                       | 150 000                                            | До 0,7                                                        |
| Бакалавриат         | 6 500                                 | 17 100                       | 225 000                                            | 0,8                                                           |
| Магистратура        | 11 000                                | 28 100                       | 257 000                                            | 0,9                                                           |
| Аспирантура         | 7 560                                 | 35 660                       | 316 300                                            | 1,2                                                           |
| Докторантура        | 3 240                                 | 38 900                       | 336 217                                            | 1,6                                                           |

степень когнитивного сосредоточения носит более равномерный характер, а распределение «вспышек» и периодов ДАР представляется более сбалансированным.

Таким образом, с ростом образованности у индивида меняется способ мыслительной работы, и маркером этих изменений является МАР и ДАР. Это позволяет перейти к созданию объективной шкалы образованности. Соответственно, главный результат обучения в том, что образованность характеризуется функциональным развитием мозга – более экономной и адекватной обработкой информации. Можно сказать, что образованность на нейрофизиологическом уровне проявляется как умение мозга обучаться с большей эффективностью.

Полученная объективная психофизиологическая шкала образованности мозга человека (ИФО) основана на анализе параметров альфа-ритма, учитывает распределение усилий мозга по восприятию и переработке поступающей информации и отражает степень эффективности мозговой деятельно-

сти. Проведенные расчеты на основе данных пилотного эксперимента показали, что, используя ИФО, возможно оценить индивидуальный уровень образованности человека.

Очевидно, что функциональное развитие мозга происходит в результате целенаправленной и интенсивной когнитивной деятельности. Отсюда можно обоснованно предположить, что основным внешним критерием образованности будет являться объем выполненной учебной работы.

### **Выводы по главе 4**

Важной задачей образования является оценка как способностей к обучению, так и образовательных результатов. С древнейших времен разрабатываются разные системы измерения способностей к обучению и разные тесты для определения результатов обучения.

На сегодняшний день сложилась огромная самостоятельная область образовательной тестологии, базирующаяся на классических теориях способностей. Измерение когнитивных способностей является важной и в теоретическом, и в практическом плане. Именно измерение позволяет перейти к количественной оценке динамики когнитивных функций в результате обучения на личностном (индивидуальная динамика как результат образования) и на групповом и популяционном уровнях (динамика эффективности образовательных систем, популяционные изменения интеллекта). Помимо традиционных академических подходов, огромное значение для образования имеют специализированные методы оценки способности к обучению, и прежде всего скоростные характеристики когнитивных функций.

Темповые характеристики памяти и мышления могут выступать критериями анализа различий в усвоении знаний обучаемых, определения пропорциональности развития их способностей и составления рекомендаций по эффективному

усвоению знаний студентами, относящимися к разным таксонам обучаемости. Темп усвоения знаний и темп операции классификации – те важные дидактические параметры, которые, с одной стороны, позволяют прогнозировать успех в обучении каждого студента, а с другой – дают возможность строить оптимальные стратегии персонализированного обучения.

Информация об индивидуальной скорости усвоения нового позволяет получить средние значения темпа усвоения знаний для разных возрастов, принимаемые за норматив. Полученная зависимость дает емкую информацию о познавательных возможностях человека на протяжении разных периодов жизни и позволяет рассчитать для них нормативные нагрузки.

Обучение не только базируется на когнитивных способностях, одновременно оно и развивает их. Изменение когнитивных функций объективно основано на перестройке мозга человека как за счет появления новых или удаления лишних синапсов, так и за счет упорядочивания связей между нейронами. Это означает, что введение любого нового долгосрочного знания модифицирует структуру мозга. Следовательно, реален следующий подход: по функциям мозга судить об уровне образования человека.

Один из важнейших результатов образования, который нельзя свести к простой сумме полученных знаний, умений и навыков, – образованность. Образованность появляется в ходе продолжительной учебной работы. Образованность, как следствие учебной работы, проявляется в развитии личности, формировании новых, более сложных форм мышления, усвоения большего объема научных знаний, формирования более сложной картины мира и личностных диспозиций.

Результат учебной деятельности зависит от индивидуального уровня неспецифической активации мозга и от уровня моноритмизации альфа-ритма. Такие показатели легко измерить с помощью электроэнцефлографии, а критерием образо-

ванности мозга является рассчитанный на их основе индекс функциональной образованности. Предлагается понимание образованности как результата учебной работы, проявляющегося в функциональном развитии головного мозга человека. Полученная объективная психофизиологическая шкала образованности мозга человека (индекс функциональной образованности) основана на анализе параметров альфа-ритма, учитывает распределение усилий мозга по восприятию и переработке поступающей информации и отражает степень эффективности мозговой деятельности.

Образованность не является характеристикой меры наличия профессиональных, специфических знаний. Она характеризует объем выполненной учебной работы и определяет уровень, которого достиг человек в процессе образования. Принципиальным является положение о том, что образованность, кроме генетических факторов, зависит, главным образом, от объема выполненной учебной работы. Для определения уровня образования важно не содержание обучения: имеет значение количество труда и времени, которое определяет достигнутый индивидом масштаб позитивных изменений морфологии и функций мозга – количества синапсов, структуры нервных сетей и баланса активационных систем.

Следует учесть, что за равное количество времени у разных людей образуется разное количество образованности. Следовательно, для каждого человека может быть определен индивидуальный объем учебного времени, благодаря которому достигается новый уровень образования. Общий уровень образованности, с одной стороны, связан с количеством затраченного на обучение времени, а с другой – зависит от индивидуальных способностей человека. Интенсивная учебная работа меняет характер мозговой деятельности человека, соответственно, морфологические и функциональные изменения могут быть положены в основу объективного измерения уровня образованности. Прежде всего, индикаторы образо-

ванности связаны с реорганизацией когнитивных механизмов восприятия нового. Эти функциональные изменения обученного учиться мозга связанно проявляются в изменениях альфа-диапазона: с ростом образованности у индивида меняется способ мыслительной работы, и это проявляется в балансе процессов восприятия и обработки информации. Можно сказать, что образованность на нейрофизиологическом уровне – это как умение мозга обучаться с большей эффективностью.

Обнаружение принципиальных функциональных изменений мозга человека в ходе обучения позволило разработать объективную шкалу образованности на основе соотношения показателей альфа-ритма электрической активности головного мозга человека при обработке информации из внешней среды. Такими ЭЭГ-маркерами образованности предлагается считать депрессию альфа-ритма в ответ на вызванные звуковые индифферентные стимулы и моноритмизацию альфа-ритма при предъявлении серии звуковых стимулов. Проведенные расчеты на основе данных пилотного эксперимента показали, что, используя индекс функциональной образованности, можно оценить индивидуальный уровень образованности человека.

Связь между показателями альфа-ритма и образованностью еще подлежит уточнению в ходе дальнейших исследований. В настоящее время основными критериями образованности следует считать объем учебной работы в часах и количестве усвоенных за период обучения понятий, по этому критерию оценивается уровень образованности индивида. Выполнение человеком определенного объема учебной работы и достижение им соответствующего уровня образованности, даже вне связи с содержанием полученных знаний, открывает перед ним перспективы более успешной деятельности и более качественной жизни. Следовательно, образованность – это результат целенаправленной учебной работы на трудных для исполнения, потенциально достижимых, но еще не достигнутых уровнях, причем работа эта длительная и требует специально

организованных условий (в частности, специальных условий учебного заведения). Не исключено, что вскоре дипломы исчезнут за ненужностью прежде всего потому, что образование перестанет ограничиваться какими-либо временными и пространственными рамками.

## **ГЛАВА 5. ОБУЧЕНИЕ И ДИНАМИКА КОГНИТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ**

Человек всегда остается самим собой,  
потому что все время меняется.

*Владислав Гжегорчик*

### **5.1. Взаимосвязь интеллекта и академических достижений**

Мозг современного человека сложился за миллионы лет эволюции. Он хорошо служил нашим предкам, но эволюция уже не успевает за миром, в котором живет человек [42, с. 63]. В прошлом целенаправленная задача образования формулировалась как «помощь» естественному когнитивному развитию, а само развитие считалось естественным следствием обучения. Усложнение современного мира требует изменения приоритета в целях образования: на первом месте развитие мозга, а приобретение компетенций (знаний и навыков) становится в ряд важных, но вторичных задач.

Одним из наиболее дискуссионных вопросов является влияние обучения на интеллект. Проблема изучения интеллекта, как уже говорилось, исторически возникла для решения задач оптимизации обучения. Заказ на разработку теста интеллекта А. Бине получил от Министерства образования Франции, обеспокоенного тем, что при введении обязательного школьного обучения не все дети способны усваивать школьную программу. Вместе с тем спустя более чем 100 лет с момента разработки первого теста интеллекта получены

противоречивые данные о связи интеллекта и успешности деятельности (учебной, профессиональной и т. д.).

Многие исследования свидетельствуют в пользу связи интеллекта и академической успеваемости: успешность обучения в школе коррелирует с тестами интеллекта в среднем на уровне  $r = 0,5$ . Так, корреляция теста Равена со школьными баллами в западных странах колеблется от 0,3 до 0,72 [26]. В России результаты аналогичные: корреляция между усредненной школьной оценкой и вербальной шкалой теста Векслера составляет  $r = 0,5$ . Для невербальной шкалы эта корреляция несколько ниже –  $r = 0,4$ , для общего балла  $r = 0,49$  [16].

Исследование PISA продемонстрировало зависимость между вложениями в образовательную среду и интеллектуальным развитием молодого поколения. Первые позиции в рейтинге заняли страны, инвестировавшие в образование больше средств, – Канада, Финляндия, Швеция, Исландия, Корея и Япония. Значимыми оказались такие факторы, как разнообразие школьных ресурсов и наличие специализированного педагогического персонала, предоставление школе свободы в принятии решений, высокая планка ожидаемых учебных результатов, высокий статус профессии преподавателя, положительный социальный климат в школе. Сравнение результатов исследования PISA со средним значением IQ для населения, проведенные Р. Линн и Т. Ванханен [176], приведено в табл. 5.1.

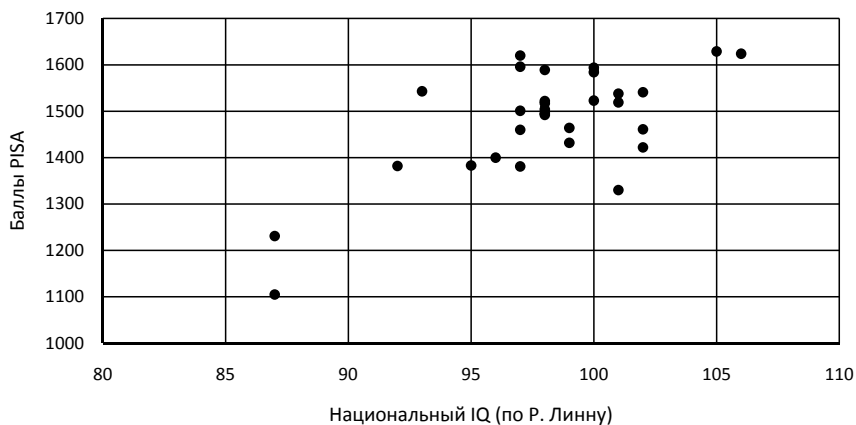
Взаимосвязь между образовательными достижениями и национальным интеллектом оказалась довольно высокой (рис. 5.1), коэффициент корреляции Пирсона между значениями IQ и PISA равен 0,68 ( $p < 0,01$ ).

В ряде исследований относительно высокие национальные показатели IQ объясняются более интенсивной учебной нагрузкой, принятой в национальном образовании. Например, показатели IQ у японцев разных возрастов превышают аналогичные показатели американцев. При этом японское об-

Таблица 5.1

**Средние значения показателей агрегированных баллов достижений (PISA) и значений национального коэффициента интеллекта**

| <b>Страна</b>        | <b>Итоговые достижения в образовании (баллы PISA)</b> | <b>Национальный IQ (по Р. Линну)</b> |
|----------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Япония               | 1629                                                  | 105                                  |
| Корея                | 1624                                                  | 106                                  |
| Финляндия            | 1620                                                  | 97                                   |
| Канада               | 1596                                                  | 97                                   |
| Новая Зеландия       | 1594                                                  | 100                                  |
| Австралия            | 1589                                                  | 98                                   |
| Великобритания       | 1584                                                  | 100                                  |
| Ирландия             | 1543                                                  | 93                                   |
| Австрия              | 1541                                                  | 102                                  |
| Швеция               | 1538                                                  | 101                                  |
| Бельгия              | 1523                                                  | 100                                  |
| Франция              | 1522                                                  | 98                                   |
| Швейцария            | 1519                                                  | 101                                  |
| Исландия             | 1517                                                  | 98                                   |
| Норвегия             | 1504                                                  | 98                                   |
| Чешская Республика   | 1501                                                  | 97                                   |
| США                  | 1496                                                  | 98                                   |
| Дания                | 1492                                                  | 98                                   |
| Венгрия              | 1464                                                  | 99                                   |
| Германия             | 1461                                                  | 102                                  |
| Испания              | 1460                                                  | 97                                   |
| Польша               | 1432                                                  | 99                                   |
| Италия               | 1422                                                  | 102                                  |
| Российская Федерация | 1400                                                  | 96                                   |
| Португалия           | 1383                                                  | 95                                   |
| Греция               | 1382                                                  | 92                                   |
| Латвия               | 1381                                                  | 97                                   |
| Люксембург           | 1330                                                  | 101                                  |
| Мексика              | 1231                                                  | 87                                   |
| Бразилия             | 1105                                                  | 87                                   |

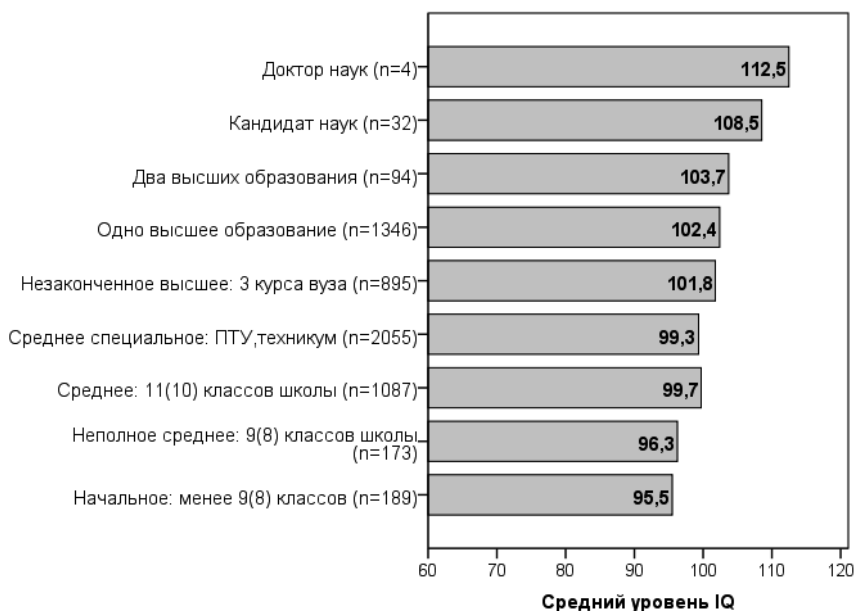


**Рис. 5.1.** Взаимосвязь между образовательным уровнем школьников (баллы (PISA) и значениями национального коэффициента интеллекта (по методике Р. Линна)

разование отличается большей широтой и интенсивностью, чем американское [34, с. 243].

В исследовании «Интеллект России», проведенном в 2005–2007 гг. в 19 субъектах Российской Федерации, установлено, что каждый последующий уровень образования соответствует повышению IQ на 3–5 баллов (рис. 5.2).

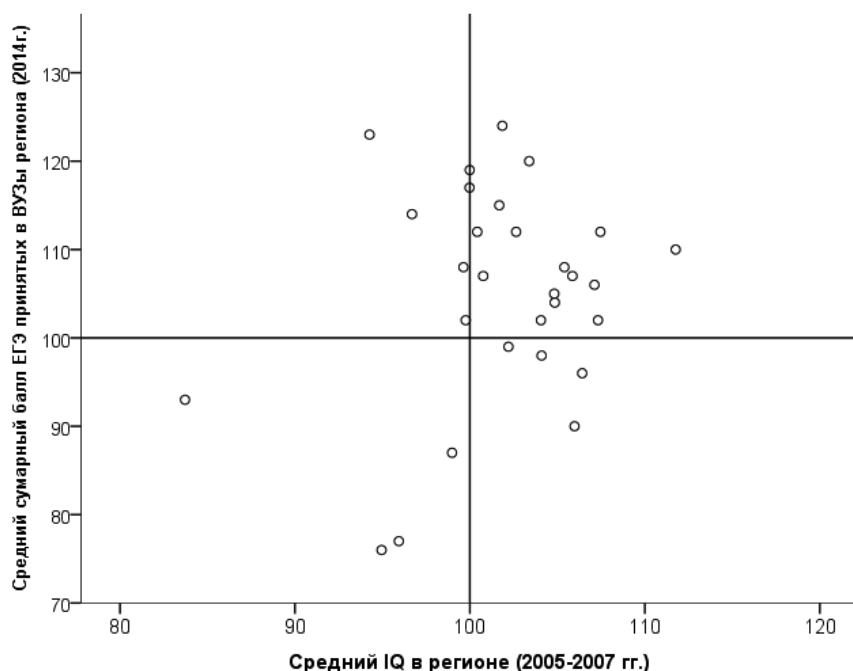
Выявленные различия в уровне интеллекта на разных ступенях образования могут быть объяснены педагогическими и организационными особенностями каждого из уровней образования [80]. Так, средняя школа не предлагает скольких-нибудь новых способов обучения детей по сравнению с начальной школой. Усложнение содержания предметов в старших классах школы, а затем и в вузе требует иного построения обучения, что и приводит к дальнейшему росту интеллекта. Кроме того, в старших классах остаются учиться дети, которые планируют поступить в вузы, а менее сильные ученики уходят в училища, техникумы, ПТУ и т. д., что также может быть объяснено более высоким уровнем интеллекта в старшей школе.



**Рис. 5.2.** Средние значения IQ жителей России с разным уровнем образования

Вместе с тем следует помнить, что корреляция тестов общего интеллекта с критериями обучаемости в разных исследованиях колеблется от  $-0,03$  до  $0,61$ . Среди исследователей многие не наблюдали существенной связи между психометрическим интеллектом и школьной успеваемостью. Так, корреляция между средними баллами, полученными на ЕГЭ лицами, принятыми в бюджетные вузы 29 регионов Российской Федерации в 2014 г., и средним популяционным уровнем интеллекта в конкретном регионе (рис. 5.3) оказалась низкой ( $r = 0,10$ ), хотя и была отмечена функциональная близость этих двух показателей [126].

Следует отметить, что обучаемость как специфическая общая способность отлична от общего интеллекта. Поэтому интеллект рассматривается как способность, лежащая в основе обучаемости, но не являющаяся главным фактором, обус-



**Рис. 5.3.** Взаимосвязь между средними баллами, полученными на ЕГЭ лицами, принятыми в бюджетные вузы субъектов РФ, и популяционным интеллектом

ловливающим успешность обучения [34, с. 246]. Этому факту есть несколько объяснений.

Первое объяснение связано с природой получаемого школьником образования и ролью этого образования в успешности в жизни. Массовое внедрение в XX в. начального, а затем и среднего образования ставило перед собой задачу – дать каждому человеку возможность максимально развить свои способности с тем, чтобы он мог полностью реализовать имеющиеся у него возможности. В то же время школа взяла за основу старую модель обучения, и в ней сохранились ценности и представления о культуре и интеллекте, свойственные привилегированным слоям. Это было сделано в надежде на то, что представления, характерные для низких классов, смогут

измениться в пользу элитарной культуры. При этом не была учтена социальная действительность, которая не может меняться столь быстро. В низших слоях, в неблагополучных семьях жизненная реальность рассматривается как ежедневная борьба за существование, а не как возможность этического и интеллектуального развития. Поэтому такие группы населения остаются невосприимчивыми к культуре, никак не связанной с их повседневными нуждами. Ребенок, вышедший из низших слоев, оказывается в «подвешенном» состоянии между школьным воспитанием, которое не находит отклика в его семье, с одной стороны, и повседневной жизнью, свойственной его среде и заставляющей его как можно быстрее приобщиться к миру труда с целью обретения самостоятельности, с другой [34].

Другим объяснением положительных, но умеренных по величине корреляций между учебными оценками и результатами тестирования, которые не позволяют исследователям однозначно утверждать, что интеллект детерминирует успешность обучения, служит наличие более значимого, чем величина интеллекта, фактора – мотивации.

Л.Ф. Бурлачук и В.М. Блейхер исследовали зависимость школьной успеваемости от уровня интеллекта (тест Векслера). В ряды слабоуспевающих школьников попали ученики и с высоким, и с низким уровнем интеллекта. Однако лица с интеллектом ниже среднего никогда не входили в число хорошо или отлично успевающих. Главная причина низкой успеваемости детей с высоким IQ – отсутствие учебной мотивации [13]. В исследовании А.А. Реана получены аналогичные результаты для студентов: никакой значимой связи интеллекта с успеваемостью ни по специальным предметам, ни по общеобразовательному блоку дисциплин нет. При этом оказалось, что сильные и слабые студенты все-таки отличаются друг от друга по силе и типу мотивации учебной деятельности. Для сильных студентов характерна внутренняя мотивация: им необходимо

освоить профессию на высоком уровне, они ориентируются на получение прочных профессиональных знаний и практических умений. Что касается слабых студентов, то их мотивы в основном внешние, ситуативные, для них в первую очередь важно избежать осуждения и наказания за плохую учебу, не лишиться стипендии и т. п. [26].

Результаты исследований позволяют предположить, что высокая позитивная мотивация может восполнять недостаток специальных способностей или недостаточный запас знаний, умений и навыков, играя роль компенсаторного фактора, по крайней мере, в студенческом возрасте. Однако в обратном направлении компенсаторный механизм не срабатывает. Иными словами, каким бы способным и эрудированным ни был студент или школьник, без желания к учебе успехов он не добьется. Еще одно объяснение невысоких корреляционных связей интеллекта и успеваемости – нерелевантность оценок в качестве критериев успешности обучения, несоответствие материала тестов содержанию учебных программ и т. д. [26].

Можно предположить, что имеется более сложная зависимость между интеллектом и успеваемостью, чем линейная связь. Очевидно, существует нижний порог IQ для учебной деятельности: успешно учиться может только школьник, чей интеллект выше некоторого уровня, определяемого внешними требованиями деятельности. И вместе с тем успеваемость не растет бесконечно: ее уровень ограничивают системы оценок и требований педагогов к учащимся. При этом интеллект определяет лишь верхний, а деятельность – нижний предел успешности обучения, а место ученика в этом диапазоне определяется не когнитивными факторами, а личностными особенностями, в первую очередь учебной мотивацией и такими чертами, как исполнительность, дисциплинированность, самоконтроль, отсутствие критичности, доверие к авторитетам.

На основании данных разных авторов можно утверждать, что на установление связи между интеллектом и успеваемос-

тью оказывают влияние такие факторы, как мотивация, социальные ожидания семьи, объективность оценок, сопоставимость тестов на интеллект и учебных программ и т. д.

## **5.2. Развитие когнитивных способностей в процессе обучения**

Многие исследователи высказывают точку зрения, согласно которой применение специальных развивающих методов способно положительно влиять на уровень интеллекта. В последние годы и в нашей стране, и за рубежом очень популярны разные развивающие программы, в которых принимают участие дети дошкольного и младшего школьного возраста. Лонгитюдное прослеживание детей, участвующих в таких программах, свидетельствует о том, что они реже попадают в разряд неуспевающих, реже остаются на второй год и чаще поступают в высшую школу по сравнению с детьми из контрольных групп, не участвующих в развивающих программах. Примером может служить проект, реализованный в США (штат Каролина). В соответствии с проектом детей помещали в обогащенную среду начиная с младенческого возраста. Уже к двум годам их интеллект был выше, чем в контрольной группе. К 12 годам они опережали своих сверстников на пять единиц [15].

В Израиле аналогичная программа была разработана Р. Фейерштейном [139], затем она была закуплена Министерством образования Франции для обучения взрослых людей с низким уровнем интеллектуального развития. Важный момент программы – приобретение субъектом «опыта опосредованного обучения» (*mediated learning*). Имеется в виду опыт, получаемый учеником при обучении в процессе общения с преподавателем, который выступает посредником или медиатором этого процесса. По мнению Р. Фейерштейна, в хорошей семейной среде ребенок получает богатый опыт опосредованного обучения. Однако в том случае, если ребенок лишен та-

кой стимулирующей семьи, ему необходимо восполнить этот опыт.

Вместе с тем организация таких развивающих программ не может удовлетворить потребность современного индустриального общества в людях с высоким уровнем образования, которые способны решать сложные профессиональные задачи. Ведь по сравнению с численностью всего населения страны участники развивающей программы – это буквально капля в море, а интеллектуальный потенциал значительного числа юношей и девушек оказывается «не разбуженным».

Именно поэтому современное образование, в первую очередь в высшей школе, должно искать новые пути стимулирующего воздействия на интеллектуальные способности обучающихся. Постепенно вырисовывающаяся карта мозга дает нам возможность лучше разбираться в том, где и как мы можем повлиять на его работу. Одним из перспективных направлений в практике образования многим ученым видится создание *обогащенной образовательной среды*, технологизации процесса обучения и оптимизации управления процессом образования. Среда обучения влияет на обучающийся мозг, а рост синаптических контактов обусловлен информационной насыщенностью среды. При этом эффективный мозг отличается не большим числом синапсов, а их оптимальной структурой. Соответственно, обучение включает в себя не столько появление новых синапсов, сколько удаление «избыточных». Поэтому обучающая среда должна быть в меру разнообразной, но, главное, создающей условия для целенаправленной интенсивной работы мозга над учебными задачами.

Важный вклад в повышение интеллектуального потенциала студентов должна вносить индивидуализация обучения, так как индивидуально направленные формы обучения относятся к факторам «различающейся среды» и потенциально могут оказывать существенное влияние на развитие интеллектуального потенциала человека. Использование таких форм об-

учения позволяет задействовать значительный ресурс средовых воздействий [34, с. 249].

Специальные тренировки мозга будут реализованы как часть учебного процесса. Тренинги пластичности мозга будут элементом оздоровительных технологий в учебном процессе нового поколения наравне с занятиями физкультурой. Современные методики «брейн-финтнеса» – это в большинстве своем приборное воплощение хорошо известных психологических тренингов. Возможность непосредственного воздействия на мозг дают тренинги нейробиоуправления (основанные на БОС), которые широко применяются в медицине и пока еще мало доступны специалистам образования. Принципы внедрения и корректного использования БОС-технологий в образовательной среде – одна из важных задач нейродидактики [88].

Разработка когнитивных воздействий и занятий, эффективно поддерживающих или улучшающих когнитивные функции у обучаемых старшего возраста, остается актуальной задачей. Предпринятые попытки строгими статистическими методами метаанализа оценить долгосрочную эффективность когнитивных воздействий на основе опубликованных поведенческих (психологических) исследований такого рода дали расходящиеся результаты [149, 190].

Спорным, но де-факто уже существующим способом стимулирования когнитивных способностей является фармакология. Хотя власти, общественность и исследователи стараются закрывать глаза на это направление, на сегодняшний день в развитых странах фактически сложился рынок разнообразных препаратов (от БАДов и энергетиков до ноотропных препаратов), стимулирующих умственную деятельность обучаемых. В англоязычной литературе даже появился термин «smart drugs» в отношении когнитивно стимулирующих препаратов, принимаемых здоровыми людьми [202]. Современные студенты и школьники часто употребляют их с подачи родителей, к чему

научная и педагогическая общественность в целом относится негативно. Разумеется, по поводу фармакологического направления много опасений [187], так как следует соблюдать повышенную осторожность [138, 204]. Однако запретами ситуацию бесконтрольного употребления стимулирующих обучаемость веществ не исправить, скорее запреты могут навредить. Нужны исследования, раскрывающие степень и механизмы действия подобных препаратов и их побочные эффекты.

Другой возможный способ улучшения мозга, который активно обсуждается, – генная инженерия. По-видимому, скоро в нашем распоряжении окажутся знания и технологии, которые не только будут устранять генетические заболевания, но и смогут расширить когнитивные возможности обычных людей. Часто можно слышать протесты против идеи улучшения генотипа человека, но сама перспектива должна быть рассмотрена научным сообществом.

### **5.3. Лонгитюдное исследование динамики интеллектуальных способностей студентов вуза**

Изучение динамики когнитивной сферы студентов дистанционного вуза с компьютеризированной образовательной практикой российского образования начато в 2005 г. [137]. Такое исследование тем более актуально, если учесть, что в основе построения современных эффективных систем обучения в вузе лежит реализация образовательных технологий, учитывающих индивидуальные особенности обучаемых. С развитием компьютеризированных образовательных систем становится доступной реальная индивидуализация обучения, однако, помимо гибкой образовательной среды, необходима и систематическая оценка индивидуальных способностей студентов.

Когнитивные процессы весьма чувствительны относительно средовых воздействий прежде всего к обучению. Влияние обучения на развитие интеллекта в детском возрасте изу-

чено достаточно хорошо, однако вклад высшего образования, в особенности для старших возрастных групп студентов, остается малоисследованным. Кроме того, значительная часть исследований выполнена по плану «поперечных срезов», в которых одномоментное сравнение групп испытуемых разного возраста не позволяет сделать достоверные выводы.

Обучение во многом является процессом построения обучаемым мыслительных репрезентаций изучаемого феномена на основе выделения элементов из целого и их согласования. Обучаемый выделяет в структуре феномена значимые элементы, определяет характер связей между этими элементами и проводит мысленную реконструкцию строения феномена. Такая мыслительная операция носит название классификации. Классификация как мыслительная операция занимает одно из главных мест в структуре интеллекта. От того, насколько релевантными, соразмерными отношениям между изучаемыми объектами являются устанавливаемые студентом мыслительные связи, и от того, в каком темпе это происходит, зависит продуктивность обучения. Соответственно, темп операций классификации характеризует индивидуальную скорость построения мыслительных связей между элементами познаваемой структуры. С учетом того, что образовательный процесс всегда ограничен временными рамками, необходимой стороной оценки когнитивных способностей являются их скоростные параметры когнитивных способностей [38]. Так, важным показателем обучаемости является такая скоростная характеристика мышления, как ТОК.

Анализ исследований по проблемам динамики когнитивных способностей показывает, что интерес исследователей в основном сосредоточен на возрастных аспектах изменений психических процессов. Большинство исследователей сходятся на том, что в первые 20 лет жизни происходит основной когнитивный прирост (например, интеллект наиболее интенсивно изменяется от 2 до 12 лет). После этого на-

ступает фаза стабилизации, а с 30–34 лет, по данным многочисленных исследований, – спад продуктивности когнитивных функций [49].

Вывод об этом часто делается на основе поперечных срезов (одновременное обследование разных возрастных групп). Недостатки этого метода очевидны: при такой организации исследования на собственно возрастные изменения когнитивных функций наслаиваются различия между поколениями. Это особенно актуально для функций, связанных с накоплением знаний и умений и их применением при решении разных задач. Например, лица старшего возраста будут хуже выполнять задания когнитивных тестов не потому, что они старше, а потому, что они, как правило, менее образованны [26].

Более надежные и обоснованные данные получены в лонгитюдных исследованиях, когда одних и тех же испытуемых тестируют в разные периоды жизни. Лонгитюдный метод, или, как еще его называют, метод «продольных срезов», – один из основных методов дифференциальной и возрастной психологии, который в совокупности с методом «поперечных срезов» позволяет определять диапазон возрастной и индивидуальной изменчивости показателей разных форм психической активности человека. Самостоятельная ценность лонгитюдного исследования обусловлена возможностью предсказаний на его основе дальнейшего хода индивидуального развития и установления закономерностей изменения различных психологических параметров под влиянием тех или иных средовых факторов. Главными «недостатками» лонгитюдного исследования, как отмечается в литературе, являются его высокая стоимость и организационная сложность, обусловленная необходимостью на каждом этапе «задействовать» тех же самых испытуемых.

В наиболее масштабном сиэтлском лонгитюдном исследовании интеллектуальных способностей (начато в 1956 г.) показано, что возрастное снижение интеллекта у взрослых

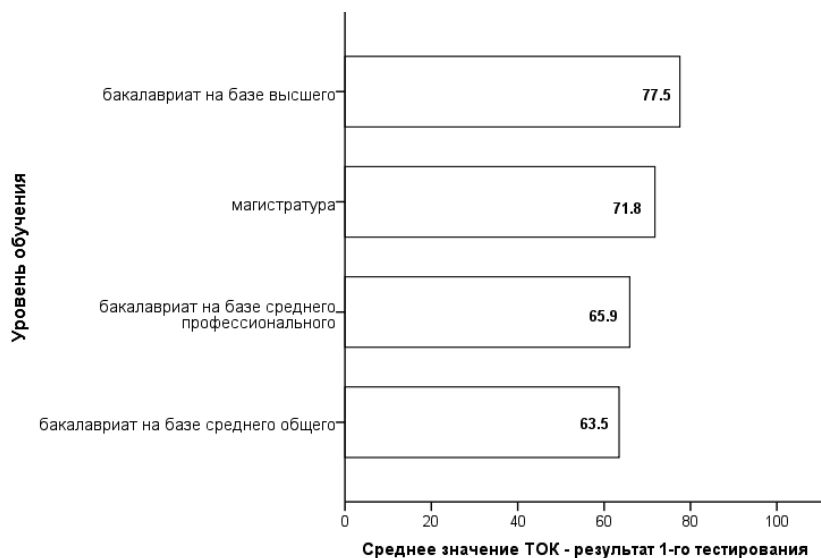
невелико или отсутствует вообще. Снижение интеллекта оказывается сравнительно умеренным даже в 80 и 90 лет. К.У. Шай сравнил данные, полученные с помощью поперечных срезов, с результатами лонгитюдного исследования. В первом случае отчетливо обнаруживалось возрастное снижение, во втором – слабовыраженное снижение или его отсутствие [98].

Проведенное в СГА в период 2000–2014 гг. исследование носило лонгитюдный характер [90]. Мониторинг когнитивных способностей 2 522 студентов всех направлений подготовки и форм обучения проводился в ходе дистанционных учебных занятий в электронной образовательной среде. Использовалась компьютерная версия методики «Темп операций классификации», разработанная для оценки темповых характеристик интеллектуальных процессов (см. главу 2). Средний ретестовый интервал составил для студентов бакалавриата – 34,4 месяца, для студентов магистратуры – 17,1 месяца.

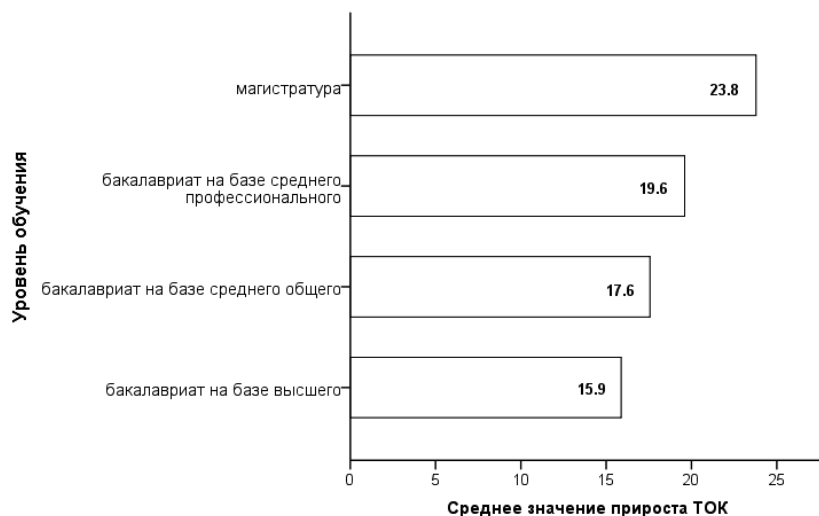
Установлено, что студенты, уже ранее получившие высшее образование, имеют наиболее высокий исходный уровень развития когнитивных способностей, однако при этом их прирост за время повторного обучения в вузе относительно невелик. Наиболее низкие исходные значения интеллектуальных способностей имеет группа студентов бакалавриата, поступивших в вуз после школы (рис. 5.4 и 5.5).

Студенты магистратуры имеют наибольший прирост ТОК, хотя время обучения по магистерской программе и, соответственно, ретестовый интервал у них значительно меньше. Кроме того, их исходный уровень показателя ТОК менее всего влияет на его прирост в ходе обучения у студентов, обучающихся по программе магистратуры. Вероятно, это обусловлено более высокой мотивацией к обучению у студентов-магистрантов.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что возрастная динамика ТОК у студентов, обучающихся в дистанционном вузе, носит слабовыраженный характер. В иссле-



**Рис. 5.4.** Сравнение интеллектуальных способностей студентов разных образовательных уровней по результатам первого тестирования ТОК (различия достоверны по критерию Крускала-Уоллиса ( $p \leq 0,001$ ))



**Рис. 5.5.** Сравнение интеллектуальных способностей студентов разного образовательного уровней по результатам первого тестирования ТОК (различия достоверны по критерию Крускала-Уоллиса ( $p \leq 0,05$ )).

довании не подтверждены имеющиеся в литературе сведения о значимом снижении интеллекта после 22–25 лет [37, 201]. Так, уровень ТОК остается приблизительно постоянным в возрасте старше 21 года (рис. 5.6). Показатель прироста ТОК имеет тенденцию к снижению в возрастной группе старше 40 лет.

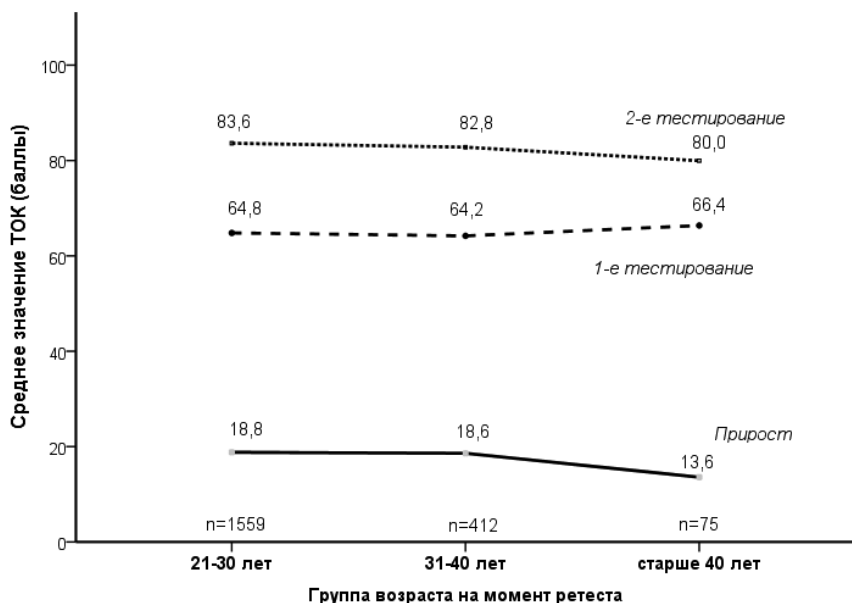
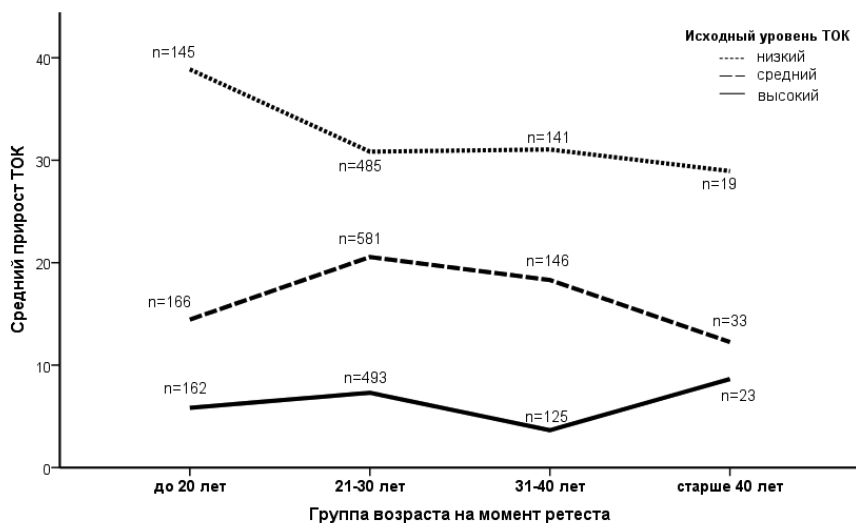


Рис. 5.6. Сравнение показателей исходного и итогового тестирования и прироста ТОК у студентов разных возрастных групп (вся выборка)

С учетом имеющихся данных о возрастном снижении интеллекта полученные результаты свидетельствуют о компенсирующем влиянии процесса обучения в вузе на возрастное ухудшение когнитивных функций. Чем обширнее предшествующий опыт обучения, тем сильнее вклад последующего обучения в предупреждение инволюции когнитивных способностей.

Студенты со средним исходным уровнем ТОК достигают пика прироста скоростных способностей классификации

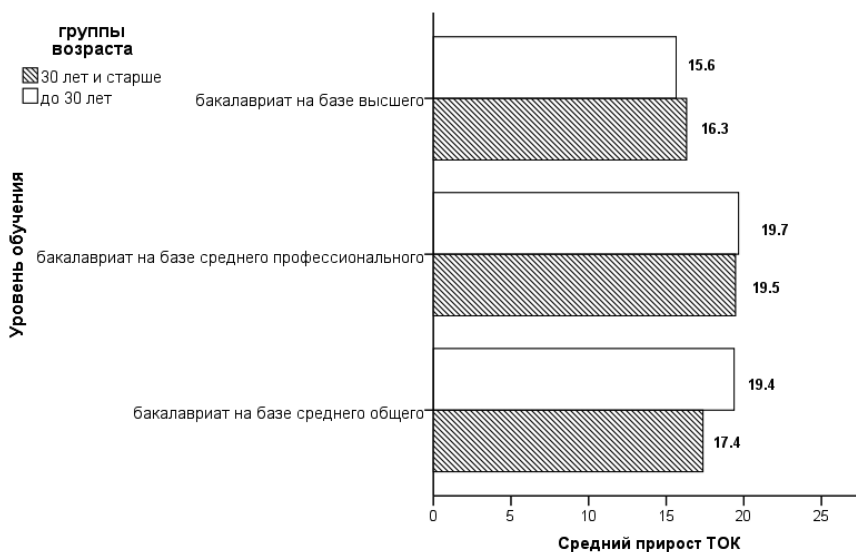
в среднем возрасте 21–30 лет (для общей выборки) (рис. 5.7). Студенты с исходно высоким уровнем ТОК показывают незначительную динамику с некоторым ростом в старшей возрастной группе (более 40 лет). Для студентов с исходно низким уровнем ТОК максимальный прирост наблюдается в более молодом возрасте (до 20 лет), затем он несколько снижается и остается стабильным в более старших возрастных группах.



**Рис. 5.7.** Сравнение динамики прироста ТОК в разных возрастных группах в зависимости от исходного уровня ТОК (вся выборка; приведено число испытуемых в каждой группе)

Обобщенное сравнение студентов моложе и старше 30 лет по величине прироста ТОК в группах по уровню образования приведено на рис. 5.8. Видно, что более значительный «выигрыш» в приросте интеллектуальных способностей в старшем возрасте получают студенты, ранее не имевшие послешкольного образования.

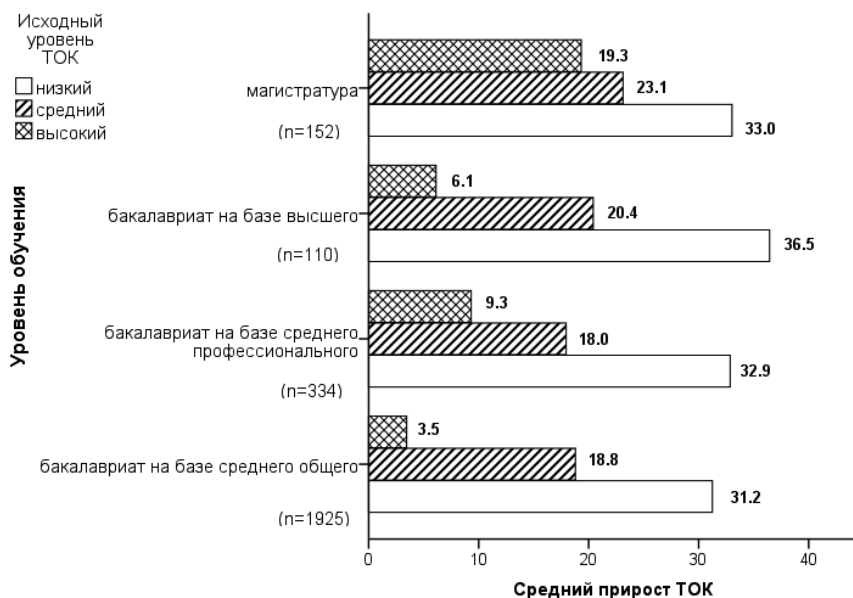
Представляет интерес неравномерность прироста ТОК в зависимости от исходного уровня: наибольший прирост когнитивных способностей присущ людям с изначально низким



**Рис. 5.8.** Обобщенное сравнение студентов моложе и старше 30 лет по величине прироста ТОК в группах по уровню образования

уровнем таких способностей (рис. 5.9). По всей видимости, проявляется фактор учебной мотивации: не задействованный в процессе школьного обучения потенциал обучаемых раскрывается в электронной образовательной среде высшего образования. Можно сделать вывод о том, что образование в массовом дистанционном вузе имеет выравнивающую социально значимую функцию, помогает совершенствовать свои когнитивные способности тем, кто не мог реализовать свои возможности в школе. Очевидно, что часто выражаемые требования повышения порога отбора для поступления в вуз не являются обоснованными. Различия в интеллектуальном развитии между «сильными» и «слабыми» абитуриентами оказываются в значительной мере сглаженными к моменту окончания вуза.

Исходный уровень ТОК можно учитывать при построении индивидуальной образовательной траектории студентов в виде рекомендаций по установлению продолжительности



**Рис. 5.9.** Сравнение величины прироста ТОК у студентов с разным уровнем образования и разным исходным уровнем ТОК, балл

изучения образовательных модулей. Перспективы дальнейших исследований состоят в изучении влияния социальных факторов (место проживания, особенности семейного воспитания, уровень образования родителей и т. д.) на динамику развития когнитивных способностей, соотношений динамики ТОК и академической успеваемости на протяжении обучения в разных возрастных группах, влияния поисковой активности и мотивации к обучению на развитие когнитивных способностей, соотношения уровня когнитивных способностей и качества жизни обучаемых.

## 5.4. Распределение и популяционная динамика интеллектуальных ресурсов

Для оценки величины возрастания среднего по этносу уровня IQ использована предложенная проф. М.П. Карпен-

ко методология, основанная на сопоставлении мер центральной тенденции распределения интеллекта разных поколений. Методология не требует многолетних наблюдений и позволяет использовать данные одного временного среза.

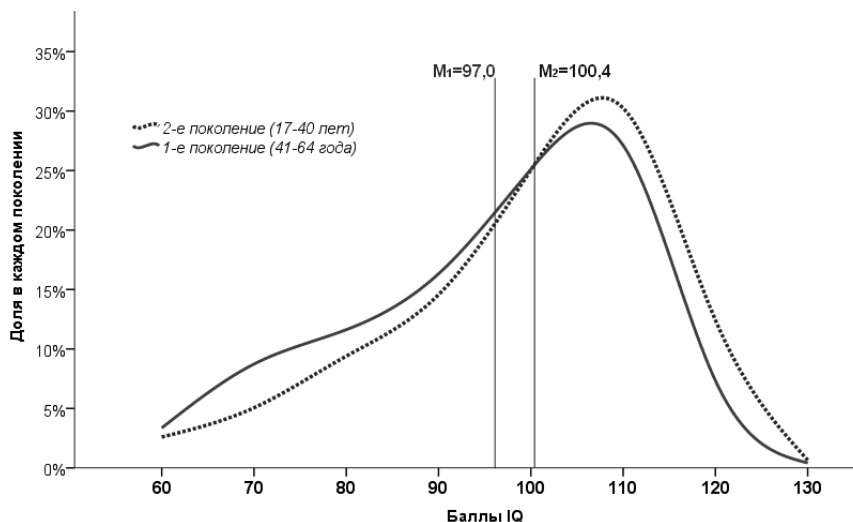
Для расчетов динамики среднего IQ российского этноса использованы результаты масштабного популяционного измерения «чистого» интеллекта (фактор G по Спирмену) с помощью теста Стандартные прогрессивные матрицы Равена (SPM) с ограничением времени (20 мин). Сбор данных проводился в 2005–2006 гг. в 182 населенных пунктах 57 субъектов Российской Федерации. Результаты измерения в «сырых» баллах SPM были перекодированы в стандартные баллы IQ (1 станд.откл. = 15 баллов IQ).

Продолжительность усиленных занятий интеллектуальной деятельностью составляет для человека в среднем приблизительно 50 лет (от 16 до 66 лет) и охватывает временной промежуток существования двух поколений (по 25 лет). Проведенное эмпирическое исследование показало, что наиболее стабильным и свободным от влияния специфических возрастных особенностей является возрастной интервал 17–64 года [22], следовательно, этот интервал оптимально может быть использован для оценки межпоколенческой динамики. В соответствии с этим для расчетов, основанных на эмпирических данных, продолжительность интеллектуальной деятельности принята за 48 лет (от 17 до 64 лет), а интеллектуальная длительность поколения – 24 года.

Предполагалось, что, если построить кривую плотности распределения IQ отдельно для каждого из двух поколений, будет виден тренд изменения среднего IQ. Если математическое ожидание IQ для второго поколения находится правее, чем первого, то интеллект этноса растет, если левее – падает.

Для оценки математического ожидания использовано среднее арифметическое IQ в каждом из поколений. Эмпирические расчеты свидетельствуют о положительном тренде с

изменением IQ между поколениями российского этноса (рис. 5.10). Так, среднее значение IQ молодого поколения превышает более раннее поколение на 3,4 балла IQ.



**Рис. 5.10.** Сравнение плотности распределения IQ в двух российских поколениях (показатели IQ сгруппированы с шагом в 10 баллов IQ)

При этом, согласно проф. М.П. Карпенко, математическое ожидание IQ объединенных данных для обоих поколений находится в середине между тем же показателем первого и второго поколений. Полученные в ходе популяционного исследования данные подтверждают это предположение (табл. 5.2). Так, согласно прогнозу, математическое ожидание для объединенной выборки должно составить

$$M_{\text{общ}} = \frac{M_1 + M_2}{2} = \frac{100,4 + 97}{2} = 98,7.$$

Тогда как реальное общее выборочное значение составило 99,2 балла IQ, что дает ошибку в 0,5 балла.

Сравнение среднего уровня интеллекта двух возрастных групп не может быть непосредственно перенесено на сравне-

Таблица 5.2

## Результаты эмпирических измерений IQ населения России

| Поколение российского этноса  | Количество испытуемых, чел. | Математическое ожидание (среднее арифметическое), баллы IQ | Мода, баллы IQ |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------|----------------|
| Первое поколение (41–64 года) | 1 936                       | 97,04                                                      | 104            |
| Второе поколение (17–40 лет)  | 3 501                       | 100,42                                                     | 103 и 104      |
| Вся выборка                   | 5 437                       | 99,21                                                      | 104            |

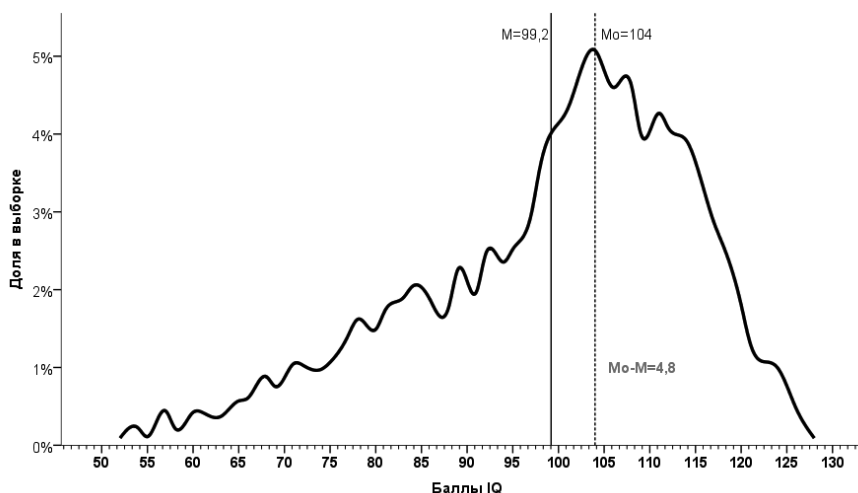
ние двух поколений, в частности ввиду влияния возрастных изменений интеллекта. Для более точных расчетов М.П. Карпенко принято, что математическое ожидание ( $M_2$ ) IQ второго поколения совпадает с общей модой ( $M_o$ ).

Таким образом, для оценки тренда среднего по этносу IQ достаточно знать *разницу между модой и математическим ожиданием*. Поскольку общее математическое ожидание находится примерно посередине между математическими ожиданиями двух соседних поколений, то эта разница ( $M_o - M$ ) составляет половину прироста за одно поколение. Соответственно, умножая ее на два и деля на число лет в поколении, мы получаем средний годовой тренд IQ для популяции:

$$\Delta_{IQ} = \frac{(M_o - M) \times 2}{n},$$

где  $M$  – математическое ожидание;  $M_o$  – мода;  $n$  – принятое число лет для смены поколений.

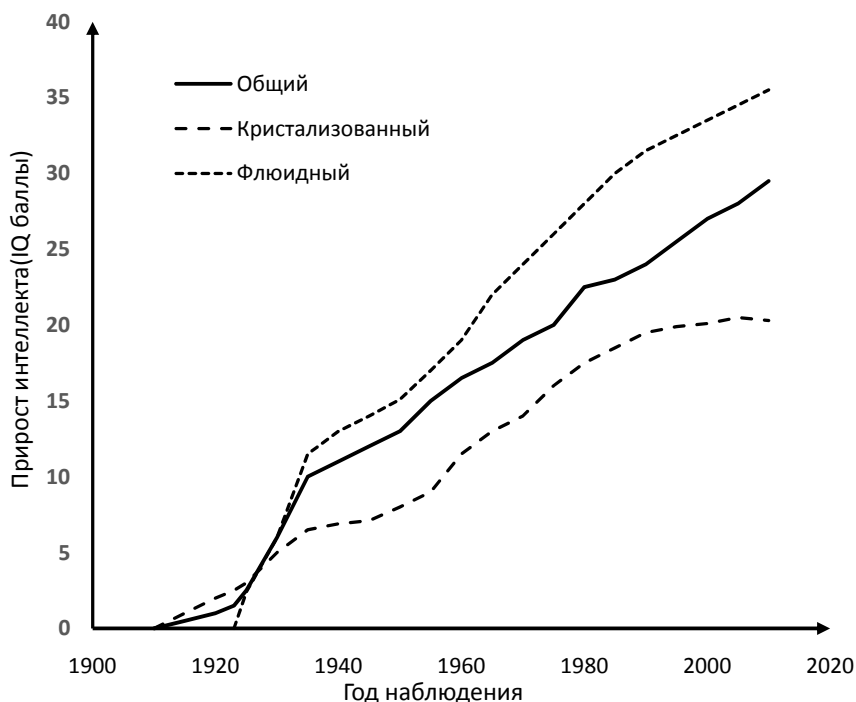
Применяя приведенную выше формулу для данных популяционного измерения интеллекта в России (рис. 5.11) и принимая интервал смены поколений за 24 года, получаем прирост интеллекта для российского этноса, равный 0,4 балла IQ в год.



**Рис. 5.11.** Распределение значений и меры центральной тенденции показателя интеллекта (баллы IQ) для российской выборки ( $n = 5\,437$  чел.)

Следует отметить, что указанный прирост может соответствовать известному эффекту Флинна – постепенному повышению показателей IQ с течением лет как в отдельных странах, так и в целом по миру (рис. 5.12). Вместе с тем полученная в большинстве исследований оценка эффекта Флинна не превышает 0,3 балла IQ в год, что на четверть меньше полученной расчетной величины.

Причина интеллектуальной акселерации не вполне ясна и вызывает споры. Так, логично предположить, что важную роль в этом могло бы сыграть распространение образования. Ведь на протяжении XX в. в странах Европы и Северной Америки сильно возросла доля людей, имеющих полное среднее и высшее образование. Если бы такое объяснение было правильным, следовало бы ожидать более высокого показателя интеллекта у тех лиц, кто уже успел испытать влияние длительного образования, т.е. у взрослых и старших подростков, но никак не у дошкольников. Однако факты указывают на обратное: повышение интеллекта у младших детей, по крайней



**Рис. 5.12.** Динамика интеллекта в мире на основе метаанализа данных 271 независимого исследования за период 1909–2013 гг. [192]

мере, не меньше, чем у взрослых [81, с. 118–119]. Очевидным объяснением этого является косвенное влияние образования родителей.

Определенное влияние на повышение интеллекта в последующем поколении оказывает его повышение в предыдущем: повышение IQ в первом поколении должно сказаться на его повышении во втором поколении, а повышение IQ во втором поколении – на повышении в третьем поколении и т. д. Уже говорилось о том, что интеллект родителей является не самым важным фактором в создании благоприятных условий для развития интеллекта детей, поэтому момент самоподдержания, хотя и может иметь место в интеллектуальной акселерации, но объясняет лишь малую ее часть.

Другая причина может быть связана с тем, что на протяжении XX в. намного увеличилась информационная нагрузка на человека. Можно было бы предположить, что дети конца века достигали более высокого интеллектуального развития, поскольку получали больше информации благодаря радио и телевидению. Тогда следовало ожидать более высокого IQ у детей, которые больше смотрят телевизор и слушают радио. В действительности, однако, обнаруживается скорее противоположная закономерность [81, с. 119].

Дж. Равен, например, считает, что причина интеллектуального роста в улучшении питания, здравоохранения и гигиены. В пользу этого предположения свидетельствует и тот факт, что параллельно с интеллектуальной акселерацией идет и акселерация физическая: увеличение роста, веса людей и их атлетических возможностей. Так, например, для послевоенной Японии характерны не только быстрый прирост интеллекта, но и бурная физическая акселерация. Результаты исследований показывают, что качество питания связано с весом при рождении, ростом, детской смертностью и интеллектом. Так, Г. Айзенк просуммировал данные исследований, подтверждающие, что прием витаминов положительно влияет на интеллект детей [81, с. 118–119].

М. Сторфер предпринял попытку количественно оценить возможный вклад разных факторов в рост интеллекта [213]. По его мнению, из 22 баллов прироста интеллекта у американцев в XX в. 4 балла может быть отнесено на счет здоровья и питания (уменьшение числа детей, родившихся с ненормально маленьким весом или испытывавших в детстве болезни, оказывающие влияние на нервную систему). Прирост в 6,9 балла М. Сторфер считает возможным отнести на счет среды, окружающей ребенка дома в раннем возрасте. Все факторы среды М. Сторфер разбивает на три группы: количество внимания взрослых, качество этого внимания и предоставляемые возможности когнитивного обогащения.

Количество внимания возросло в течение века вследствие меньшего числа детей в семье, а также сокращения домашней работы и уменьшения рабочего дня, что особенно сказалось на увеличении времени, проводимого с детьми отцами. В то же время сократилось (в странах Запада) участие дедушек и бабушек в воспитании. Качество родительского внимания, по мнению М. Сторфера, также в целом возросло в результате психолого-педагогического просвещения: уменьшился объем наказаний и ограничений, накладываемых на ребенка. Когнитивное обогащение включает в себя наличие образовательных материалов (игрушки, детские книги и т. д.), методов обучения и стимуляцию поведения, направленного на приобретение знаний.

Факт повышения интеллектуальных способностей человека в течение последнего столетия оказывается неоспоримым, в связи с чем М.П. Карпенко высказывает интересное предположение: темп повышения интеллекта в разных странах может рассматриваться как обобщающая характеристика качества жизни вместо принятого в настоящее время индекса развития человеческого потенциала – ИРЧП [34, с. 239]. На основе анализа изменения средних IQ для 31 страны (по Дж. Флинну) в период 1932–2002 гг. и изменения ИРЧП внутри общего временного периода (1998–2002 гг.) сделан вывод о том, что для каждой отдельной страны имеется четкая связь между индексом интеллекта (IQ – intelligence quotient) и индексом развития (ID – index of development), обусловленная их одновременным ростом во времени.

Латиноамериканские страны (Бразилия и Мексика) характеризуются низкими IQ и ID. Восточноевропейские страны имеют средний IQ, но низкий ID. Наивысший IQ имеют страны Восточной Азии, но при этом японцы имеют высокий ID, а корейцы – средний. Южноевропейские страны (Греция и Португалия) имеют средний ID при IQ ниже среднего. Южноевропейская Италия имеет высокие IQ и ID, что характер-

но для стран Западной и Северной Европы. Особняком стоит Ирландия, которая имеет высокий ID при IQ ниже среднего [34, с. 240].

Практически все исследователи интеллекта зафиксировали наиболее высокие показатели интеллекта у социально и экономически благополучных слоев населения. Значит, чем выше уровень интеллекта, связанный с получением высшего образования, тем больше людей будут являться экономически благополучными и тем выше будет общий уровень жизни в стране. Эта гипотеза была подтверждена в исследовании на базе 28 стран за период 1909–2013 гг., где установлено, что темп роста IQ приводил к последующему экономическому росту через 5–20 лет. Исходя из этого исследования вклад прироста интеллекта в прирост ВВП может достигать 59% [198].

Такой вывод очень важен для планирования содержания образования на всех его ступенях в отдаленной перспективе. Прогнозируемое повышение интеллектуального уровня обучающихся (как детей, так и взрослых) требует уже сейчас разработки более гибких образовательных программ для школы и вуза.

Согласно исследованию интеллектуального потенциала России, проведенному в 2005–2007 гг. [80], получено распределение IQ, представленное в табл. 5.3.

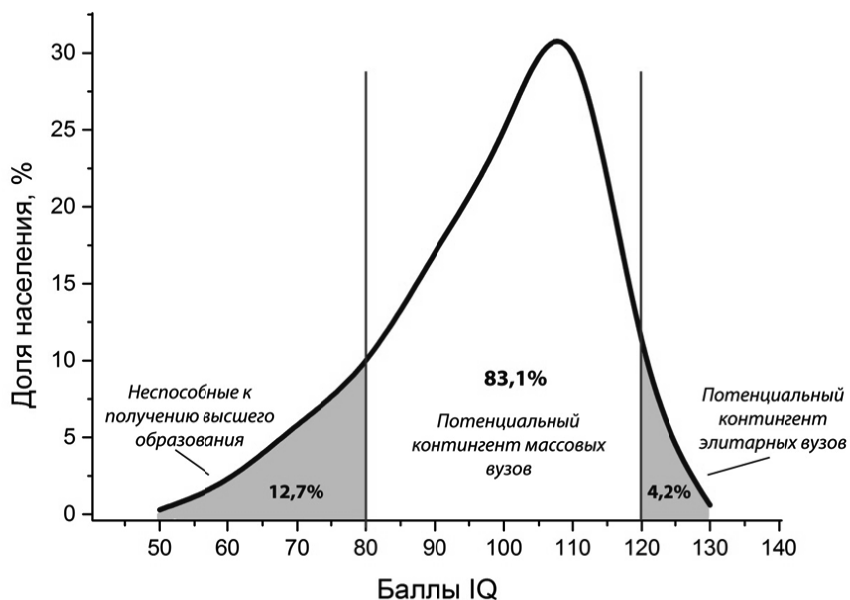
Согласно полученным данным (рис. 5.13), распределение интеллектуальных оценок асимметричное: мода (наиболее вероятное значение) смещена вправо по отношению к математическому ожиданию (среднее значение).

Правосторонняя асимметрия распределения отчасти может объясняться известным эффектом Флинна: в течение XX в. показатели тестов интеллекта росли примерно в 3,5 ед. за каждые 10 лет [145]. Метаанализ опубликованных данных многолетних исследований, проведенный Р. Линном показал, что наиболее высокий IQ наблюдается у этносов Северо-Восточной Азии. Наивысший средний IQ у жителей Гонконга

Таблица 5.3

**Распределение населения России по уровню интеллекта  
( $N = 4778$ , возраст 17–50 лет) в исследовании «Интеллект Рос-  
сии» (2005–2007 гг., 19 регионов)**

| Значения по стандартной шкале | Уровень интеллектуального развития |           | Доля населения, % |      |
|-------------------------------|------------------------------------|-----------|-------------------|------|
| IQ < 70                       | Умственные дефекты                 |           | 4,7               |      |
| IQ = 70–80)                   | Пограничный уровень                |           | 8,0               |      |
| IQ = 80–90)                   | Норма                              | Сниженная | 83,1              | 11,1 |
| IQ = 90–110                   |                                    | Средняя   |                   | 47,4 |
| IQ = 110–120)                 |                                    | Высокая   |                   | 24,6 |
| IQ > 120                      | Одаренность                        |           | 4,2               |      |



**Рис. 5.13.** Распределение выборки испытуемых по показателям интеллекта ( $N = 4\,778$ , возраст 17–50 лет) в исследовании «Интеллект России» (2005–2007 гг., 19 регионов)

– 107, далее Южная Корея – 106, Япония – 105, Тайвань и Сингапур – 104<sup>1</sup> и т. д. [56]. Россия относится к развитым странам, и средний IQ ее населения в целом соответствует уровню этих стран. Используя косвенные данные, Р. Линн рассчитал интеллект для России – 96 баллов IQ. Оценки авторов настоящей монографии, базирующиеся на прямом популяционном измерении интеллекта, оказались немного выше – 98 баллов IQ.

Чем объясняется более высокий IQ жителей Юго-Восточной Азии? По-видимому, более высокой тренированностью мозга в результате использования иероглифического письма, а также тем, что обработка иероглифов в большей степени задействует оба полушария мозга, это позволяет обрабатывать информацию быстрее. Обратим внимание на то, что практически при одинаковом объеме и содержании усваиваемых знаний способ оперирования этой информацией существенно влияет на когнитивную продуктивность. Этот пример объясняет, насколько может быть важна методология обучения, способ, которым студенты оперируют усваиваемыми знаниями.

Во многих странах результаты популяционных исследований интеллекта и школьной успеваемости (международный проект PISA и др.) становятся предметом не только научной, но и общественно-политической дискуссии, влияют на сферу образования и учитываются руководством стран. К сожалению, в России эти данные не вынесены на широкое обсуждение, хотя, по мнению авторов, они обязательно должны учитываться при выборе вектора социальной политики государства. Необходимо понимать, насколько правильным является такой выбор, т. е. насколько цели социальной политики соответствуют решению задачи перехода экономики страны на инновационный путь развития в условиях демографического спада.

---

<sup>1</sup> Используется международная «гринвическая» шкала IQ, предложенная Р. Линном (за середину шкалы (IQ= 100) взят средний уровень популяции англичан со средним квадратическим отклонением, равным 15).

Например, в России для поощрения рождаемости ведется как рекламно-информационная компания, так и материальное стимулирование рождаемости (социальные льготы, денежные выплаты в виде «материнского капитала»<sup>1</sup> и т. п.). Однако для современного российского этноса актуально в первую очередь не столько рост рождаемости, сколько повышение качества человеческого капитала, и прежде всего рост среднего уровня интеллекта. Следует учесть непростую взаимосвязь, которая наблюдается в развитых странах: обратная корреляция между числом детей в семье и уровнем интеллекта членов семьи, включая родителей и самих детей [175]. Исследования Института психологии РАН, в которых в качестве меры интеллекта использовались образовательные достижения выпускников школ, подтверждают эту тенденцию для регионов России [150].

Проведенное в 2005–2007 гг. непосредственное измерение интеллекта и сопоставление на популяционном уровне среднего уровня интеллекта в регионе с общим индексом фертильности показали значительную отрицательную корреляцию ( $R = -0,57$ ). Иными словами, как в США и странах Европы, взаимосвязь на индивидуальном уровне (между количеством детей и интеллектом индивида) и в России оказалась отрицательной [127]. Разумеется, эти усредненные данные совершенно не означают, что простое увеличение численности детей в семье снижает их интеллект. Наиболее достоверное объяснение состоит в том, что у родителей с невысоким образовательным и интеллектуальным уровнем в среднем рождается больше детей. Соответственно, бедная интеллектуальная среда в семье ограничивает последующее развитие каждого ребенка. При этом полученные в исследовании данные для России показывают нелинейный характер подобной связи [127]. Так, зависимость между интеллектом и числом детей совершенно не

---

<sup>1</sup> Федеральный закон от 29.12.2006 № 256-ФЗ «О дополнительных мерах государственной поддержки семей, имеющих детей».

проявляется у людей без детей или имеющих не более двух детей. Только те, у кого есть трое или более детей, имеют показатель интеллекта несколько ниже среднего уровня. Интересно, что характер такой связи различается для мужчин и женщин. Для мужчин установлена характерная линейная отрицательная связь между оценками интеллекта и числом детей, тогда как показатели интеллекта у женщин, имеющих одного или двух детей, были даже несколько выше, чем у бездетных. Можно предположить, что многие умные российские женщины ориентированы иметь одного или двух детей и склонны добиваться этой цели. Это исследование противоречит данным, полученным в западных странах о более сильной линейной связи между числом детей и уровнем интеллекта в отношении женщин. Вероятно, высокоинтеллектуальные западные женщины чаще, чем такие же русские, предпочитают бездетный образ жизни.

Таким образом, при определении государственной политики следует учитывать не только динамику рождаемости, но и планирование роста интеллектуальных возможностей нового поколения, т. е. важно стимулировать не только рождение, а рождение и воспитание людей, способных проектировать и производить продукты высоких потребительских свойств. Доля высоких технологий в экономике напрямую связана с долей лиц с высшим образованием в структуре населения страны. Поэтому необходимы более тонкие механизмы социального влияния, которые могли бы стимулировать рождаемость в таких семьях, где дети с большей долей вероятности получают высшее образование. Очевидно, что для таких семей единовременные материальные стимулы не самое главное. Принимаемые со стороны государства меры по поддержке студенческих семей, помощи в получении образования для многодетных семей и т. д. не представляют собой системного воздействия, позволяющего кардинально изменить ситуацию, а некоторые предлагаемые правительством мероприятия

(например, перевод студенток платных отделений колледжей и вузов, родивших ребенка в период обучения, на свободные бюджетные места<sup>1</sup>) представляют, по сути, имитацию целенаправленной деятельности. Кроме того, следует обеспечить доступность массового высшего образования для выходцев из социального слоя, в котором родители не имели высшего образования.

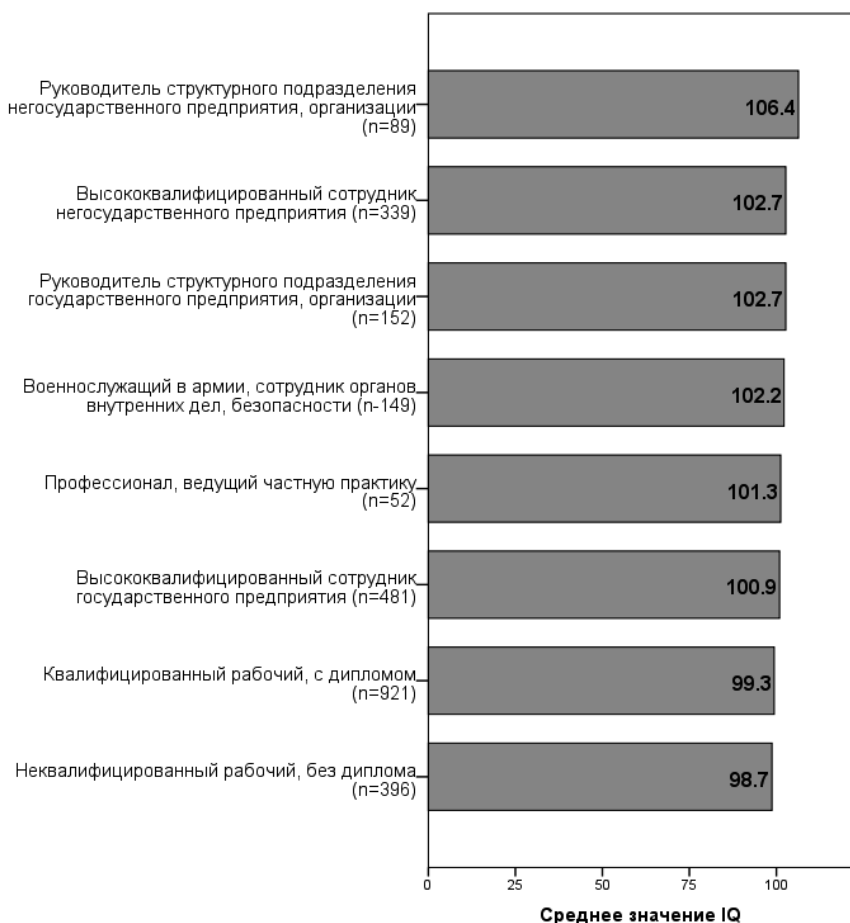
Социальная политика должна быть ориентирована на достижение главной цели любого этноса – сохранение и повышение его конкурентоспособности на международной арене, и поэтому важной задачей для российского общества является обеспечение массовости высшего образования, его доступности для широких слоев населения с целью интенсификации инновационного развития экономики и перехода как можно большей части населения в средний класс. Подобно кувшину вдовы из Ветхого Завета, из которого чем больше отливали, тем больше в него прибывало, чем больше людей в одном поколении заканчивают вуз, тем больше будет их в следующем. В таком контексте контрпродуктивной является целенаправленная борьба высших чиновников российской образовательной сферы с массовизацией высшего образования, включая закрытие многих вузов, выстраивание заградительных барьеров перед абитуриентами и предельную бюрократизацию лицензирования.

Роль когнитивного потенциала в экономике весьма значительна, что ярко представлено в исследовании Р.Линна и Т.Ванханена: по сути, интеллект населения – один из главных факторов экономического развития страны [176]. При этом существует вполне обоснованная точка зрения: показатели среднего интеллекта отражают размер среднего класса (т. е. образованных, экономически успешных людей) в стране [197]. Полученные авторами настоящей монографии данные о связи между интеллектом и уровнем квалификации подтверждают,

---

<sup>1</sup><https://www.gazeta.ru/social/2017/03/09/10565369.shtml>

что вклад людей с развитыми интеллектуальными способностями в общественное производство более высок (рис. 5.14.).



**Рис. 5.14.** Распределение уровня интеллекта по группам квалификации населения, занятого в экономике (данные исследования «Интеллект России», 2005–2007 гг., 19 регионов,  $N = 4\,778$ , возраст 17–50 лет)

Как уже отмечалось, результаты анализа данных исследования «Интеллект России» показали, что каждый последующий уровень образования соответствует повышению IQ на

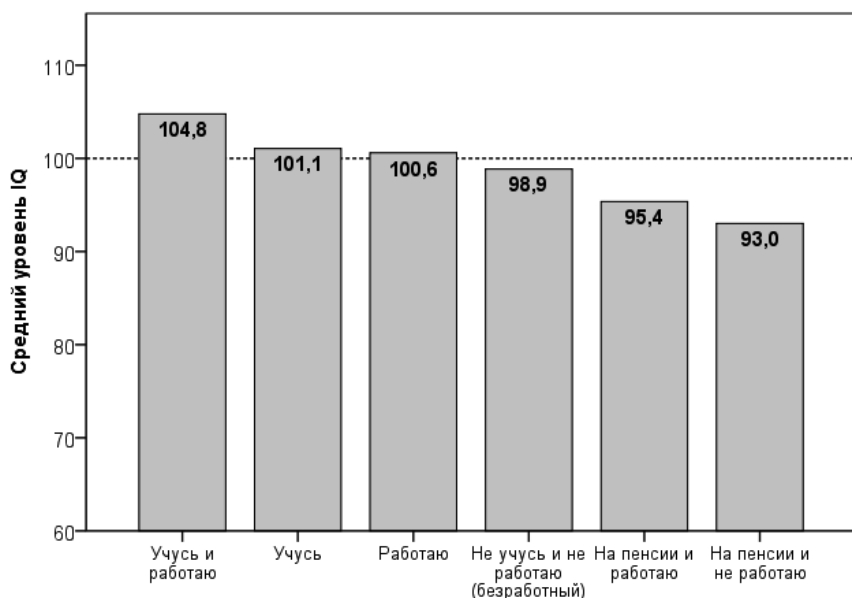
3–5 баллов (см. рис. 5.2). Однако классическая система образования, сформировавшаяся в эпоху, когда не было необходимости в массовом интеллектуальном развитии населения, «выталкивает» людей со средними способностями, которые могли бы учиться, но проигрывают более одаренным в создаваемой искусственно конкурентной среде традиционного высшего образования.

В российской образовательной сфере часто раздаются ностальгические вздохи по дефицитному (с высоким конкурсным отбором) высшему образованию в Советском Союзе. Однако, во-первых, серьезного сопоставительного анализа качества образования дореформенного и современного не проводится, во-вторых, мир стремительно меняется и критерии, которыми пользовались ранее, нельзя переносить в будущее. Конкуренция (количество абитуриентов на одно место), к сожалению, до сих пор остается значимым критерием оценки «качества» вуза, не опирающимся на научно обоснованные модели развития этноса.

Разумеется, люди различаются по своим способностям. Вопрос только в том, кто и по каким критериям определяет, способен ли человек получить высшее образование. Проведенный анализ показывает, что качество подготовки специалистов в вузе в среднем на 68% зависит от врожденных способностей студента и на 32 % – от образовательной среды [39]. Элитные вузы на конкурсных экзаменах отбирают себе студентов с высоким IQ (4,2%, см. рис. 1.1) и лучшую часть студентов с IQ уровня нормы. Отобрав абитуриентов с наиболее высокими когнитивными способностями, элитные вузы закономерно производят выпускников с более высоким потенциалом в карьерном развитии и социальном продвижении. При этом остается открытым вопрос: что же в действительности является главным двигателем успеха выпускников – исходные когнитивные способности или «особо эффективная» образовательная среда элитного вуза, включая деловые связи, кото-

рые завязываются между сокурсниками элитных университетов? Есть все основания полагать, что качество подготовки одаренных студентов будет неизменно высоким вне зависимости от элитарности вуза.

Если же рассматривать возможность совмещения учебы в классическом вузе и работы, то требования к уровню когнитивных способностей студентов возрастают еще больше. На рис. 5.15. представлены данные по выборке испытуемых с классическим контактным образованием. Как видим, сочетать работу и учебу получается лучше у более одаренных студентов.



**Рис. 5.15.** Проявление наибольших интеллектуальных способностей у лиц, совмещающих обучение и учебу (данные исследования «Интеллект России», 2005–2007 гг., 19 регионов,  $N = 4\,778$ , возраст 17–50 лет)

Элитные вузы, как правило, добиваются получения статуса исследовательских университетов, тем самым беря на себя обязательство готовить ученых, занятых в сфере науки. Однако в экономике занятость выпускников вузов многократ-

но выше, чем в науке, и обществу знаний недостаточно такого количества работников с высшим образованием, которое могут подготовить элитные вузы. Экономике знаний необходима доля работников с высшим образованием порядка 60% [34]. Следовательно, подготовка выпускников с высшим образованием должна иметь массовый характер. Для этого необходимо дать возможность получить высшее образование абитуриентам не только с высоким IQ, но и с интеллектом среднего уровня (норма), в том числе тем, кто не прошел по конкурсу в элитные вузы. Кроме того, миссия массового вуза с цифровой образовательной средой – дать равные возможности, шанс работающим со средним уровнем IQ на получение образования без отрыва от работы. Необходимого качества подготовки выпускников массовых университетов следует достигать не за счет отбора наиболее способных абитуриентов, а за счет повышения качества образовательной среды вуза.

Доступное широким слоям населения и массовое в масштабах необходимых для общества знаний высшее образование может быть обеспечено за счет развития распределенных вузов, реализующих технологию телеобучения [34]. Например, телеобучение способно обеспечить более широкое включение в образование женщин фертильного возраста с высоким интеллектом. Если традиционное обучение заставляет женщину отодвигать время рождения детей (надо доучиться, над сделать карьеру...), то телеобучение позволит совместить учебу и рождение и воспитание детей. Тем самым телеобучение позволяет изменить спектр рождаемости за счет прироста детей от более интеллектуальных родителей.

Поэтому эффективными с точки зрения пользы для общества в целом представляются инвестиции в совершенствование образовательной среды распределенных вузов, что также обеспечит и выравнивание возможностей получения высшего образования для разных социальных слоев населения, проживающих в разных по величине поселениях. Причем наиболее

целесообразным каналом таких государственных инвестиций являются сами студенты, например через систему государственных именных финансовых обязательств. Такая система порождает здоровый и конкурентный климат, что всегда идет на пользу обществу и государству.

## **Выводы по главе 5**

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о связи между образовательными успехами и уровнем интеллекта на личностном и популяционном уровнях. Однако она оказывается нелинейной, ее сила и форма зависят от вида образования и специфики образовательных тестов. Интеллект рассматривается как способность, лежащая в основе обучаемости, но не являющаяся единственным фактором, обуславливающим успешность обучения. Вместе с интеллектом на образовательные достижения влияют социальные факторы, мотивация к обучению и многое другое.

При этом само обучение также влияет на когнитивное развитие человека, причем не только специализированное, так называемое «развивающее обучение», но и обычное традиционное обучение в разнообразных формах. Более того, именно следующее за обучением когнитивное развитие, а не традиционные знания, умения и навыки становятся основной целью высшего образования. Перспективное образование, в первую очередь в высшей школе, должно искать новые пути стимулирующего воздействия на интеллектуальные способности обучающихся. Следовательно, образование на сегодняшний день является важным, если не основным драйвером развития когнитивных способностей.

Процесс обучения в вузе заметно влияет и на сохранение когнитивных функций в течение всей жизни человека. Наблюдается важная закономерность: чем обширнее предшествующий опыт обучения, чем сильнее вклад последующего обу-

чения в предупреждение инволюции когнитивных способностей. Стоит подчеркнуть еще одно значимое явление, подтвержденное в эмпирических исследованиях: когнитивные способности изначально слабых студентов дают большой прирост, чем у студентов с исходно высоким уровнем. Можно сделать вывод, что образование, в особенности массовое высшее, имеет выравнивающую социально значимую функцию, помогая совершенствовать свои когнитивные способности и «догонять» остальных членов популяции тем, кто не мог реализовать свои возможности ранее.

С повышением роли образования связан и так называемый эффект Флинна. Интеллектуальная акселерация, наблюдаемая во всем мире, очевидно, объясняется ростом доступности и улучшением образования, увеличением в обществе численности более образованных людей, повседневной информационной нагрузкой на человека, улучшением питания, здравоохранения и гигиены.

Полученные в ряде исследований данные позволяют оценить величину роста среднего по этносу уровня IQ путем сопоставления мер основной тенденции распределения IQ у разных поколений. Методология не требует многолетних наблюдений и позволяет использовать данные одного временного среза (по разнице между модой и математическим ожиданием). Установлено, что современный прирост интеллекта для российского этноса равен 0,4 балла IQ в год, что на четверть превышает средние показатели эффекта Флинна (постепенное повышение показателей IQ с течением времени как в отдельных странах, так и в целом по миру).

Темп повышения уровня интеллекта в разных странах может рассматриваться как обобщающая характеристика качества жизни вместо принятого в настоящее время индекса развития человеческого потенциала. Чем выше уровень интеллекта, связанный с получением высшего образования, тем больше людей будут являться экономически благополучными

и тем выше будет общий уровень жизни в стране. Прогнозируемое повышение интеллектуального уровня обучающихся (как детей, так и взрослых) требует разработки более гибких образовательных программ для школы и вуза.

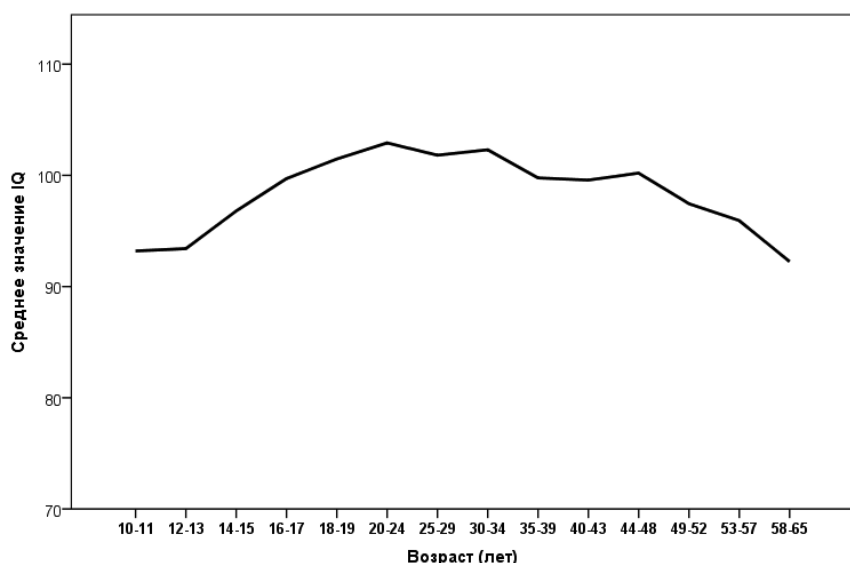
## **ГЛАВА 6. ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОЗГА И ОБУЧЕНИЕ ВЗРОСЛЫХ**

### **6.1. Эмпирические исследования уровня интеллекта населения России в разных возрастных группах**

В 60-е гг. XX в. появилось понятие «обучение на протяжении всей жизни», хотя основная структура обучения, сложившаяся при обучении детей и молодежи, не изменилась. Возможность и необходимость обучения людей среднего возраста уже никем не оспаривается, но еще приходится слышать скепсис относительно обучения пожилых людей. Однако современная жизнь ставит перед нами все более амбициозные задачи и все более сложные вопросы: до какого возраста возможно обучение, будет ли обучение взрослых также эффективно, как обучение молодых, следует ли менять кардинально структуру образовательного процесса, адаптируя его под людей более старшего возраста...? Один из основополагающих вопросов, стоящих перед нейродидактикой, состоит в том, как изменяется способность к обучению (прежде всего интеллект) с возрастом человека.

Измерение интеллекта с помощью разных тестов свидетельствует о разной возрастной динамике когнитивных способностей. По тестам, в которых предполагается использование накопленного опыта, показатели испытуемых достигают максимума и начинают снижаться значительно позже. Способность решать задачи на выявление связей, не относящихся к прошлому опыту, формируется и обнаруживает тенден-

цию к снижению несколько раньше. Зависимость интеллекта от возраста, составленная на основании использования теста Дж. Равена в исследовании «Интеллектуальный потенциал России», говорит о том, что среди интеллектуально развитых испытуемых снижение происходит значительно позже и слабее выражено, чем у менее развитых испытуемых [80]. На рис. 6.1 представлены баллы по интеллекту в разные возрастные периоды, полученные по данным исследования «Интеллектуальный потенциал России» [22].



**Рис. 6.1.** Возрастная динамика интеллекта людей в России (по данным исследования «Интеллектуальный потенциал России»), 2005–2007 гг.

Показатели распределения «сырых» баллов SPM по половозрастным нормам населения России приведены в табл. 6.1.

Анализ возрастного распределения показывает, что уже к возрасту 19–20 лет наблюдаются верхние значения показателей интеллекта, которые до 50 лет сохраняются примерно на одинаковом уровне. Эти результаты расширяют ранее установлен-

Таблица 6.1

**Показатели распределения средних значений SPM  
в режиме 20-минутного ограничения времени по половым  
и возрастным группам**

| Возраст<br>(лет) | Мужчины |              |                 | Женщины |              |                 | Мужчины и женщины |              |                 |
|------------------|---------|--------------|-----------------|---------|--------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|
|                  | N       | Сред-<br>нее | Станд.<br>откл. | N       | Сред-<br>нее | Станд.<br>откл. | N                 | Сред-<br>нее | Станд.<br>откл. |
| 10–12            | 80      | 34,60        | 10,02           | 80      | 38,86        | 8,24            | 160               | 36,73        | 9,39            |
| 13–15            | 162     | 38,96        | 8,58            | 146     | 38,56        | 9,49            | 308               | 38,77        | 9,01            |
| 16–18            | 216     | 41,10        | 9,49            | 243     | 42,32        | 8,13            | 459               | 41,75        | 8,81            |
| 19–21            | 387     | 42,36        | 9,73            | 502     | 42,48        | 9,14            | 889               | 42,43        | 9,39            |
| 22–24            | 287     | 43,33        | 9,43            | 285     | 43,71        | 8,93            | 572               | 43,52        | 9,18            |
| 25–27            | 158     | 41,50        | 10,43           | 180     | 42,57        | 9,40            | 338               | 42,07        | 9,90            |
| 28–30            | 169     | 42,75        | 9,68            | 193     | 43,30        | 9,28            | 362               | 43,04        | 9,46            |
| 31–33            | 123     | 41,64        | 9,79            | 177     | 42,95        | 10,07           | 300               | 42,41        | 9,96            |
| 34–36            | 109     | 40,84        | 11,24           | 160     | 42,05        | 9,75            | 269               | 41,56        | 10,38           |
| 37–39            | 118     | 41,70        | 11,63           | 185     | 40,83        | 10,99           | 303               | 41,17        | 11,23           |
| 40–42            | 194     | 40,76        | 10,60           | 229     | 41,62        | 10,09           | 423               | 41,22        | 10,32           |
| 43–45            | 183     | 41,22        | 9,53            | 251     | 40,56        | 10,14           | 434               | 40,84        | 9,88            |
| 46–48            | 147     | 42,20        | 9,45            | 202     | 41,27        | 10,60           | 349               | 41,66        | 10,13           |
| 49–51            | 119     | 40,13        | 10,08           | 168     | 40,13        | 9,68            | 287               | 40,13        | 9,83            |
| 52–55            | 128     | 38,20        | 10,70           | 188     | 38,14        | 11,18           | 316               | 38,17        | 10,97           |
| 56–60            | 74      | 38,78        | 9,18            | 107     | 38,76        | 9,34            | 181               | 38,77        | 9,25            |
| 61–65            | 45      | 34,53        | 8,70            | 44      | 36,25        | 10,37           | 89                | 35,38        | 9,55            |
| Всего            | 2699    | 41,05        | 10,06           | 3340    | 41,44        | 9,80            | 6039              | 41,27        | 9,92            |

ные возрастные границы наивысших показателей – от 16 до 35 лет [62, с. 9]. Настоящее исследование свидетельствует о том, что характер распределения средних значений по возрастным группам от 16 до 48 лет носит, скорее, характер плато, а снижение показателей можно заметить лишь в возрастных группах старше 50 лет. После 60 лет можно говорить о более существенном снижении скоростных показателей интеллектуальных способностей, что подтверждает выводы, полученные в

других исследованиях [34, с. 223]. Так, анализируя данные многочисленных исследований, А. Анастаси приходит к выводу, что снижение интеллекта, связанное с возрастом, проявляется только после 60 лет, а до этого периода различия средних данных по разным возрастным группам объясняются различиями по уровню образования и культуры разных поколений [4].

Результаты эмпирических исследований говорят о связи интеллектуальной продуктивности людей в возрасте 60–80 лет с их профессией: некоторые интеллектуальные функции с годами могут развиваться даже в преклонном возрасте. Однако с возрастом все же происходит снижение продуктивности основного показателя интеллекта – общего интеллекта – за счет замедления мыслительного процесса, связанного со снижением скорости обработки информации. Причем скоростные показатели интеллекта по многочисленным данным снижаются уже с 30 лет. Считается, что из парциальных способностей больше всего страдают мнемические процессы, обусловленные активным восприятием и долгосрочным хранением информации, скоростью кодирования и актуализации информации в кратковременной памяти. При этом способность к краткосрочному удержанию информации снижается незначительно. Таким образом, главная особенность изменения интеллекта при старении – дифференциация психических функций. В молодости основные парциальные способности (пространственные, вербальные, арифметические и пр.) могут относительно изменяться независимо друг от друга.

Выделенные Р.Б. Кеттеллом две формы интеллекта по своей природе имеют разную возрастную динамику. «Текущий» интеллект, отвечающий за восприятие нового и адаптацию к окружающей среде, является врожденным и, развиваясь особенно интенсивно до 12 лет, достигает пика к 20–30 годам. Такая тенденция подтверждается в проведенном на российской выборке исследовании [22]. Затем «текущий» интеллект начинает неуклонно снижаться, особенно после 60 лет. После 60

лет трудно удерживать новую информацию, запомнить ее, трудно воспроизводить материал, воспринимать, обрабатывать и отыскивать в памяти необходимую информацию (при телефонном разговоре, переходе через улицу и пр.) и т. д. «Кристаллизованный» интеллект, связанный с приобретенными знаниями, навыками и способами их применения в реальной жизни, возрастает в течение всей жизни и лишь в глубокой старости начинает снижаться на фоне деструкции мнемических способностей [125].

Существует высокая корреляция между измерениями интеллекта у одного и того же человека в разном возрасте. Если человек в детстве, например в шесть лет, демонстрирует высокий тестовый интеллект, то с большой вероятностью и в пятнадцать, и в тридцать, и в семьдесят лет он будет показывать высокие результаты по интеллектуальным тестам (относительно людей своего возраста). Другими словами, высокий уровень интеллекта у ребенка дает серьезные основания надеяться на высокий уровень интеллекта во взрослом возрасте, но не является стопроцентной гарантией.

По данным исследования С. Макфарлейна, Дж. Хонзика и М. Аллена, IQ не является неизменной величиной. В ходе лонгитюдных наблюдений обнаружено, что этот коэффициент скорее склонен меняться, чем оставаться на одном уровне в течение всей жизни человека. Большинство исследуемых повысили свой IQ, по меньшей мере, на 15 пунктов, треть из них – на 20 и более. Стоит отметить, что изменения не были случайностью. Дети с высоким социально-экономическим статусом имели склонность к удержанию IQ на прежнем уровне или к его повышению. Дети с низким социальным статусом – наоборот. Первые проявляли себя как независимые, конкурентоспособные в учебе, целеустремленные и удачливые в решении проблем [177].

В настоящее время следует учитывать и такое явление, как интеллектуальная акселерация. Почти за целое столетие, про-

шедшее со времени создания первого теста, было накоплено множество данных о нормах интеллекта для разного времени и разных стран. Эти данные говорят о том, что средние результаты тестов на интеллект в большинстве стран мира неуклонно растут. Такой научный факт назван по имени открывшего его ученого – «эффект Флинна» [145]. Дж. Флинн установил, что с 1910 по 1984 гг. в США показатели интеллекта по тестам типа Стэнфорд–Бине выросли на 22 балла.

Максимальный прирост наблюдается в невербальных тестах. Так, по той же выборке США результаты по тесту Равена возрастают на одно стандартное отклонение (т. е. 15–16 баллов) за одно поколение. Это означает, что 50% бабушек и дедушек во времена их внуков в США по показателям теста Равена были бы причислены к отстающим. Рост интеллекта происходит с разной скоростью. Из 22 баллов прироста по тесту Стэнфорд–Бине примерно 10 приходятся на время до 1932 г., 10 – с 1932 до 1972 гг. и еще 2 – на оставшийся период до 1984 г. [142].

К. Шай, подробно исследовавший данную проблему, пришел к выводу, что в США интеллект стремительно рос у людей, родившихся между 1890 и серединой 1920-х гг., затем его рост замедлился, хотя и не остановился у тех, чье раннее детство совпало с Великой депрессией. Новый мощный рост интеллекта произошел в первые послевоенные годы, после чего повышение его уровня стало менее значительным [98]. Аналогичные результаты дают исследования, проводившиеся в Западной Европе и Канаде. Пожалуй, наиболее мощный рост интеллекта зафиксирован в послевоенной Японии. Японские дети, родившиеся в 60-е гг. прошлого столетия, превосходят по интеллекту детей, родившихся между 1936 и 1945 гг., в среднем примерно на 20 баллов по тесту Векслера [143]. Если японские дети 1936–1945 годов рождения показывали приблизительно одинаковые результаты со своими американскими сверстниками по невербальным субтестам Век-

слера, то через 20 лет японцы опережали американцев того же времени рождения на 11–12 баллов. Японцев также характеризует меньшее стандартное отклонение разброса показателей интеллекта. По вербальным тестам сравнение осуществить сложно ввиду различия языков.

## 6.2. Темп усвоения знаний и возраст

За период 2000–2014 гг. в США проведено масштабное исследование темпа усвоения знаний в разных социальных группах, были получены нормативные значения ТУЗ для разных возрастов [38, 94]. Для прикладных целей индивидуализации обучения установлены условные границы разделения обучающихся по уровням когнитивных способностей. При этом испытуемые, имеющие значения в границах одного стандартного отклонения от среднего арифметического ( $M \pm 1\sigma$ ), могут быть отнесены к среднему уровню развития когнитивных способностей. Границы когнитивных способностей на основе оценки ТУЗ представлены в табл. 6.2.

Таблица 6.2

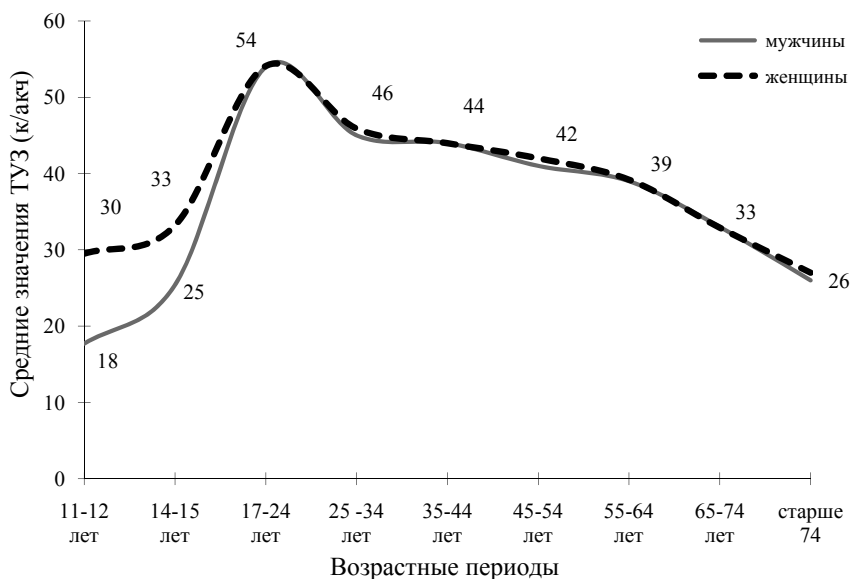
### Нормативная таблица для определения уровня когнитивных способностей (по методике ТУЗ)

| Методика                     | Уровень когнитивных способностей |              |           |
|------------------------------|----------------------------------|--------------|-----------|
|                              | Низкий                           | Средний      | Высокий   |
| Темп усвоения знаний (к/акч) | Менее 62                         | От 62 до 165 | Более 165 |

Возрастная динамика ТУЗ имеет ряд закономерностей. За период взросления от 11 до 20 лет ТУЗ увеличивается в 2,5 раза, в то время как в период от 20 до 55 лет уменьшается в 1,3 раза (почти на 25%). После 55 лет угасание ТУЗ происходит относительно равномерно, достигая значений приблизительно

но 26 к/акч к 74 годам. Если принять значения ТУЗ в студенческом возрасте за 100%, то в первые 20 лет после окончания вуза (с 25 до 44 лет) теряется 22% темпа усвоения знаний, с 45 до 65 лет – 35%, а после 74 лет – около 57%.

Особенности развития у мужчин и женщин в течение жизни наглядно можно представить в виде графика, имеющего форму волны с максимумом в возрастной группе 17–24 года (рис. 6.2).



**Рис. 6.2.** Общепопуляционное распределение ТУЗ в разных возрастных группах – «волна знаний»

На рис. 6.2 видно, что средний для российской популяции ТУЗ начиная с 11–12 лет неуклонно растет и достигает своего максимума к 17–24 годам. Это говорит о том, что традиционный студенческий возраст (19–24 года) самый продуктивный для обучения благодаря высокому уровню развития способностей к усвоению знаний. После этого периода ТУЗ постепенно снижается. В промежутке 34–64 года понижение пока-

зателей ТУЗ незначительное и приобретает характер «плато». После 64 лет ТУЗ по мере старения замедляется в связи с инволюцией перцептивных и мнемических способностей и его значения приближаются к значениям возраста 11–12 лет. Полученная зависимость дает достаточно емкую информацию о познавательных возможностях человека на протяжении разных жизненных периодов. Исследование также показало, что чувствительным к изменениям возраста оказался и такой показатель, как «количество выученных понятий» (табл. 6.3).

*Таблица 6.3*

**Доля испытуемых, выучивших максимальное количество слов при выполнении ТУЗ в разном возрасте**

| <b>Выборка</b>                | <b>Доля испытуемых, выучивших<br/>17–20 понятий, %</b> |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Младшие подростки (11–12 лет) | 10                                                     |
| Старшие подростки (15–16 лет) | 57                                                     |
| Студенты (17–21 лет)          | 81                                                     |
| Взрослые (22–39 лет)          | 67                                                     |
| Взрослые (40–49 лет)          | 68                                                     |
| Взрослые (50–60 лет)          | 42                                                     |

Как видно из таблицы, наибольший процент испытуемых, полностью выучивших список понятий (17–20 концептов), составляют студенты (17–21 год). Далее идут выборки взрослых (30–39 лет и 40–49 лет). Наименьший процент испытуемых, полностью заучивших слова, составляют «крайние» возрастные группы – младшие подростки (10–11 лет) и взрослые в возрасте 50–60 лет. По показателю «время, необходимое для заучивания» лучшие результаты продемонстрировали старшие подростки (13–14 лет) и студенты (17–21 год). Людям среднего и пожилого возраста (40–49 и 50–60 лет) необходимо значительно больше времени, чтобы заучить весь список понятий.

Результаты исследования показали, что фактор пола не оказывает заметного влияния на ТУЗ в возрастном промежутке 15–75 лет. Статистически достоверные различия между разнополыми испытуемыми выявлены только в группе 11- и 12-летних. Это объясняется более высоким темпом как общесоматического, так и психического развития девочек в данном возрасте. Выявленная закономерность согласуется с данными других исследований [22].

Важным представляется вопрос о влиянии самого обучения на когнитивные способности, в частности ТУЗ. Лонгитюдное исследование динамики показателей когнитивной сферы позволило установить, что за время обучения студентов в вузе уровень ТУЗ повысился в среднем на 47%. Сравнение динамики результатов ТУЗ у студентов с разным исходным уровнем позволяет отметить, что положительная динамика сильнее выражена у студентов с исходным низким уровнем ТУЗ. Так, средний прирост ТУЗ ( $\Delta_{\text{ТУЗ}}$ ) у студентов с исходным низким уровнем составляет 67,23 к/акч, у студентов с исходным средним уровнем – 45,95 к/акч, а у студентов, показавших высокий результат ТУЗ, средний прирост около 11,68 к/акч.

На рис. 6.3 представлена динамика темпа запоминания у студентов разных возрастных категорий, принявших участие в лонгитюдном исследовании в 2000–2014 гг. [94]. Полученные значения несколько превышают популяционные нормы, что обусловлено специфической выборкой – студенты вуза. Показательно, что при повторном тестировании результаты ТУЗ оказались выше у студентов всех возрастных категорий. Однако наибольший прирост ТУЗ отмечается среди студентов 21–30 лет (55,7 к/акч) и старше 40 лет (51,2 к/акч).

На разных по возрасту выборках зафиксированы взаимосвязи между темпом усвоения знаний и показателями интеллекта (табл. 6.4.), хотя величины этих коэффициентов сильно варьируются [76].

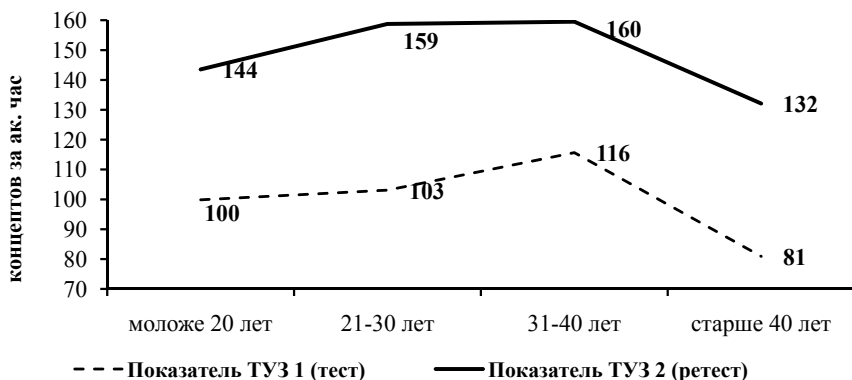


Рис. 6.3. Динамика темповых характеристик запоминания у студентов разных возрастов (методика ТУЗ)

Таблица 6.4

### Взаимосвязь темпа усвоения знаний с показателями интеллекта в различных половозрастных группах (коэффициент корреляции Пирсона)

| Возраст   | Выборка       | Значение коэффициента корреляции с методикой ТУЗ |                 |
|-----------|---------------|--------------------------------------------------|-----------------|
|           |               | Вербальный IQ                                    | Невербальный IQ |
| 11–12 лет | Общая выборка | 0,21                                             | <b>0,36</b>     |
|           | Мальчики      | 0,20                                             | <b>0,64</b>     |
|           | Девочки       | <b>0,38*</b>                                     | 0,23            |
| 14–15 лет | Общая выборка | <b>0,41</b>                                      | 0,17            |
|           | Мальчики      | 0,20                                             | 0,22            |
|           | Девочки       | <b>0,64</b>                                      | <b>0,36</b>     |
| 17–24 лет | Общая выборка | <b>0,44</b>                                      | 0,21            |
|           | Юноши         | <b>0,45</b>                                      | <b>0,34</b>     |
|           | Девушки       | <b>0,43</b>                                      | 0,24            |
| 25–55лет  | Общая выборка | <b>0,41</b>                                      | 0,29            |
|           | Мужчины       | <b>0,32</b>                                      | 0,20            |
|           | Женщины       | <b>0,47</b>                                      | <b>0,43</b>     |

\* Жирным шрифтом выделены статистически значимые коэффициенты корреляции IQ и ТУЗ ( $p < 0,05$ ).

Из табл. 6.4 видно, что разные компоненты интеллекта (вербальный, невербальный) имеют свою динамику соотношений в разных половозрастных группах: у мальчиков 11–12 лет наиболее сильно выражена зависимость между ТУЗ и невербальным интеллектом ( $r = 0,64$ ). Для подростков 14–15 лет характерно влияние вербальной составляющей интеллекта ( $r = 0,41$ ), при этом у девочек он проявляется сильнее ( $r = 0,64$ ). Для студенческой выборки значения коэффициентов корреляции мало отличаются от значений коэффициентов корреляции для выборки старших подростков: проявляется влияние вербального интеллекта ( $r = 0,44$ ), причем для группы девушек это влияние сильнее.

Отмеченная зависимость характерна и для выборки взрослых в целом: коэффициент корреляции с вербальным интеллектом достигает уровня значимости ( $r = 0,41, p < 0,05$ ). Кроме того, на выборке взрослых получено подтверждение взаимосвязи между темпом усвоения знаний и показателем общего интеллекта ( $r = 0,29$ ). Для женской выборки коэффициент корреляции значительно выше ( $r = 0,43$ ).

Закономерности возрастного изменения ТУЗ, установленные в экспериментах СГА, согласуются с данными по возрастной динамике мнемических и интеллектуальных функций, полученными в рамках сиэттлского лонгитюдного исследования [98], по результатам которого значимое ухудшение вербальной памяти также обнаруживается после 50 лет, в то время как достоверное падение средних значений по другим интеллектуальным способностям выявляется в более позднем возрасте – после 67 лет. И хотя, как отмечают исследователи, ухудшение показателей имеет довольно умеренное значение и для большинства индивидов происходит не линейно, а ступенчато, но в диапазоне от ранней взрослости до 60 лет перцептивная скорость замедляется на одно стандартное отклонение, а вербальная память у пожилых по сравнению с 25-летними снижается более чем на 1,5 стандартных отклонения.

Основываясь на этих данных, можно предположить, что большая скорость линейного снижения показателя ТУЗ по сравнению с интеллектом, зафиксированная на возрастном отрезке от 25 до 55 лет, в значительной мере обусловлена инволюцией перцептивных и мнемических способностей.

### **6.3. Зрелый мозг способен к эффективному обучению**

Переход к обучению в течение всей жизни ставит вопрос о том, какие принципиальные различия когнитивной деятельности наблюдаются в старшем возрасте. Если детскому и школьному возрасту традиционно уделялось много внимания, то специфика механизмов обучения взрослых (после 20 и особенно после 40 лет) остается слабо изученной. Перспективы в понимании того, как обучать людей среднего и старшего возраста, дают нам открытия в области когнитивной нейрологии. Так, если в прежнее время геронтология представляла собой тихую заводь в бурной реке биологической науки, то теперь это одно из наиболее активно развивающихся направлений [33, с. 222].

С возрастом в мозге происходит множество нейроанатомических и нейрохимических изменений. В частности, начиная с 20-летнего возраста постоянно снижается плотность многих постсинаптических рецепторов, вследствие чего снижается чувствительность нейронов к входящим сигналам [116, 166]. Ослаблению межнейронных связей способствуют также многие другие естественные возрастные физиологические изменения [157]. Что касается изменений в функционировании мозга на когнитивном уровне, то его основной тенденцией является снижение успешности решения задач, требующих активного использования рабочей и долговременной памяти, концентрации внимания, проведения сложных логических рассуждений [168]. Отмечаются и некоторые половые особенности: мозг у мужчин раньше, чем у женщин, начинает сокращаться в

размерах в процессе старения и в целом заметно уменьшается. Особенно сильно количество нервной ткани у мужчин снижается в лобных и височных долях, эти доли связаны с мышлением и чувствами. У женщин обычно больше ткани теряется в гиппокампе и теменных долях (эти отделы отвечают за память и пространственно-зрительные способности) [42, с. 71].

До появления методов нейровизуализации психологические исследования старения обычно свидетельствовали о постепенном прогрессирующем снижении когнитивных способностей с увеличением продолжительности жизни. Так, изучение ТУЗ у людей старше 75 лет было проведено в рамках исследования «Интеллектуальный потенциал России» [36]. Общий объем выборки составил 78 чел., из них 34 – мужчины и 44 – женщины. Эти показатели могут дополнить данные о гендерных аспектах возрастной динамики ТУЗ («волна знаний»). В табл. 6.5 приведены показатели ТУЗ для мужчин и женщин в возрасте 75–84 и 85–94 лет.

*Таблица 6.5*

### **Показатели ТУЗ пожилых людей разного пола**

| <b>Испытуемые</b> | <b>Показатель ТУЗ</b>        |                              |                                 |
|-------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
|                   | <b>группа<br/>75–84 года</b> | <b>группа<br/>85–94 года</b> | <b>совместно<br/>75–94 года</b> |
| Мужчины           | 21,4<br>(n = 26 чел.)        | 26,5<br>(n = 8 чел.)         | 22,6<br>(n = 34 чел.)           |
| Женщины           | 27,4<br>(n = 36 чел.)        | 16,8<br>(n = 8 чел.)         | 25,5<br>(n = 44 чел.)           |

Полученные данные подтверждают гипотезу гендерных различий ТУЗ у людей старше 75 лет. Если в возрасте 75–84 года темп усвоения у женщин выше, то в возрасте 85–94 года уже мужчины опережают женщин в темпе усвоения информации. Можно предположить, что среди муж-

ской популяции, где смертность в позднем возрасте выше, чем в женской популяции, до предельных возрастов доживают люди с более высоким уровнем когнитивной активности. Гипотеза о связи продолжительности жизни и высокого когнитивного уровня подтверждается современными эмпирическими данными [11].

Как следует из поведенческой литературы, стареющие взрослые имеют больше трудностей при изучении новой информации, при аргументации, медленнее решают все типы когнитивных задач и более восприимчивы к мешающей информации, чем взрослые люди молодого возраста. В согласии с этими данными снижение мозговой активности было отмечено у лиц старшего возраста по сравнению с лицами младшего возраста при решении разных мнестических задач в таких областях мозга, как левая переднелобная кора и срединные височные зоны. В большинстве исследований найдено также много общих черт в системе активации у молодых людей и людей старшего возраста, что указывает на относительную сохранность базовых нейронных механизмов в старшем возрасте.

Лонгитюдные исследования мозговых механизмов старения [103, 104] показали, что независимо от изменения локального мозгового кровотока во всех основных областях коры мозга у пожилых людей наблюдалась сохранность основных когнитивных функций. Это подтверждает предположение о том, что неблагоприятные отклонения в состоянии структур мозга в покое и при когнитивной деятельности, обусловленные снижением локального мозгового кровотока, компенсируются механизмами мозга.

Выявление перечисленных дегенеративных изменений мозга ведет к одной очень интересной задаче для когнитивной нейрологии – понять и объяснить относительно высокий уровень сохранности когнитивных функций у лиц старшего возраста при столь существенных нейробиологических из-

менениях в мозговом субстрате [191]. Так, применяемые на сегодняшний день методы нейровизуализации предоставили четкие обнадеживающие свидетельства того, что мозг не просто угасает с возрастом – в ответ на те вызовы, перед которыми стоит стареющий мозг, происходит **динамичная перестройка и модернизация нейронных систем**. Такие факты заставляют существенно менять ранее установившиеся взгляды на нормальное старение и его мозговые механизмы.

Международная программа «Мозг и обучение» («Brain and Learning») включает в себя исследование огромной базы противоречивых данных геронтологов. В целом ожидается, что обучение должно преодолеть естественный биологический процесс старения организма, затухания гормональных функций, завершения генетической программы индивидуальной жизни. В настоящее время сравнительно неплохо изучено, как ведет себя больной мозг, какие изменения претерпевают его ткани (нервная ткань, включающая глиальные клетки и сосуды) со специфическими структурами – нейронами и синапсами, на протяжении жизни сформировавшими огромное количество функциональных сетей и сохраняющих в нейрохимическом (белковом) выражении огромный опыт индивидуальной жизни. Современные социальные тенденции ставят перед когнитивной наукой новую задачу – исследовать здоровый мозг, обучающийся на протяжении всей жизни. Принятие и междисциплинарная разработка этого направления потребуют некоторых количественных сведений о геронтологических изменениях как макро- и микроморфологии мозга в самом широком смысле слова (клетки, капилляры, глия, проницаемость барьеров), так и макро- и микрохимии мозга [6].

Попытки количественной оценки мозговых механизмов через изменение с возрастом числа нейронов или плотности цитоархитектонических (синаптических) изменений напоминают старую идеологию с попытками оценить интеллект человека массой его мозга. Перед исследователями по-прежнему

стоят вопросы о достоверности и обоснованности «количественных» показателей, но уже «обучающегося» мозга. Остается соблазнительная возможность снова и снова попытаться объяснить изменения способностей через изменения микроструктуры мозга или микрохимии процессов, происходящих в этих микроструктурах.

В данном случае мы сталкиваемся с рядом противоречий, требующих углубленного изучения. Несмотря на ежедневные потери числа нейронов в мозгу, их количество не зависит от возраста [164]. Гибель крупных клеток ведет к уменьшению шансов для образования новых связей, но математические модели нервных сетей приводят к выводу о том, что приобретение навыка является результатом удаления некоторых соединений (синаптических связей) при одновременном усилении (пластичности синаптических связей) других соединений. Что при этом изменяется? Структуры, включающиеся в новое обучение, или структуры «обученные», измененные предыдущим обучением и опытом? Одностороннее толкование изменений нервных связей упрощает проблему.

Доказано, что в период созревания мозга и взросления синапсообразование усиливается с опытом и знаниями, не будучи линейно или даже логарифмически зависимым. Полученные на животных убедительные данные о значении «обогащенной среды» в синапсообразовании и построении поведенческих актов указывают на роль медиаторной дофаминергической системы мозга [96].

С учетом нейрохимических закономерностей работы мозга следует обсуждать и роль критических периодов развития в обучении. Доказано наличие критических периодов созревания и их соответствие становлению определенных нейрохимических процессов синаптической передачи. При этом экспериментальная степень «манипуляции» этими периодами [54] в зависимости от особенностей окружающей среды (воспитательной среды и окружения), здоровья или болезни ре-

бенка, генетической предрасположенности к затрудненному развитию не изменят сути явления. В теоретическом отношении эта гипотеза, очень плодотворная в практическом применении к развивающемуся мозгу ребенка, не должна отступать от здравого смысла и биологического опыта воспитания млекопитающими своего незрелорождающегося дитя.

Но было бы упрощением считать, что прочтение каждой новой книги и просмотр каждого нового видеofilmа обязательно приводит к появлению новых нервных связей или даже нервных сетей, как, впрочем, и к их потере. Исследования последних лет показали, что вопрос о числе нейронов при обучении остается весьма спорным. Оказалось, что процесс дифференцировки (новообразования) одних клеток в гиппокампе при обучении крыс сопровождается гибелью других клеток. Следует предположить, что для взрослого обучающегося мозга это нормальный механизм жизнедеятельности. Потеря некоторых клеток при обучении вряд ли является элементом процесса забывания, поскольку и при забывании наблюдается пролиферация (размножение клеток делением) в гиппокампе.

Только статистически значимые изменения, например, при сопоставлении корковой цитоархитектоники людей с высшим образованием и без высшего образования выглядели бы убедительно и доказывали бы роль систематического обучения в структурном изменении мозга. Имеющиеся исследования синаптической плотности структур мозга человека *post mortem*, пока дают отрицательные результаты: «способность к обучению не зависит от показателей синаптической плотности у взрослого человека» [120].

Значительные перспективы для исследователей сулит изучение способности гиппокампа использовать эмбриональный запас стволовых клеток для создания новых пулов обучающихся нейронов и нервных сетей. Так, известно, что наступление дисфункции памяти у старых крыс количественно связано с возможностью нейрогенеза в гиппокампе. Эти данные

подтверждают предположение о том, что нейрогенез вовлечен в процессы памяти и изменение когнитивных процессов при старении [135].

Исследования на модели обучения крыс ориентации в водном лабиринте Морриса<sup>1</sup> показали, что в первый период, когда крыса быстро учится, идет новообразование нейронов, но и во второй период – незначительной коррекции ошибок в выборе пути – происходит «рождение» новых нейронов в зубчатой извилине [133]. Эти клетки, дифференцировавшись в нейроны, выживают, по крайней мере, четыре недели (к этому времени информация уже «передана» в новую кору). Обратим внимание на тот факт, что клетки, которые появились в раннюю фазу обучения, исчезают в поздние фазы обучения!

Таким образом, нейрогенез в структурах гиппокампа регулируется, а внешним фактором этого процесса является помещение животного в ситуацию вынужденного обучения. Гибель части нейронов, возможно, является, по мнению М. Аброуза, механизмом отделки «орнамента» нейронных сетей. Прежде всего, подавляется деятельность нейронов, не установивших синаптические контакты, требуемые для решения данной задачи обучения («learning-related synaptic connections») – такие клетки погибают. Это объясняет, почему крысы с высоким числом новообразовавшихся нейронов в гиппокампе менее способны использовать пространственную информацию, чем крысы с небольшим числом новых клеток [133]. Таким образом, результаты морфометрических исследований показывают, что обучение оказывает комплексное влияние на нейрогенез. Нейрогенез действительно является механизмом влияния на поведение и когнитивные процессы [135].

Изменение синаптогенеза и отмирание клеток при обучении, несомненно, только малая часть идущих процессов в головном мозге, особенно в ранние периоды онтогенеза. Оче-

---

<sup>1</sup> При невозможности правильно решить задачу в лабиринте Морриса – найти подставку под водой – животное тонет.

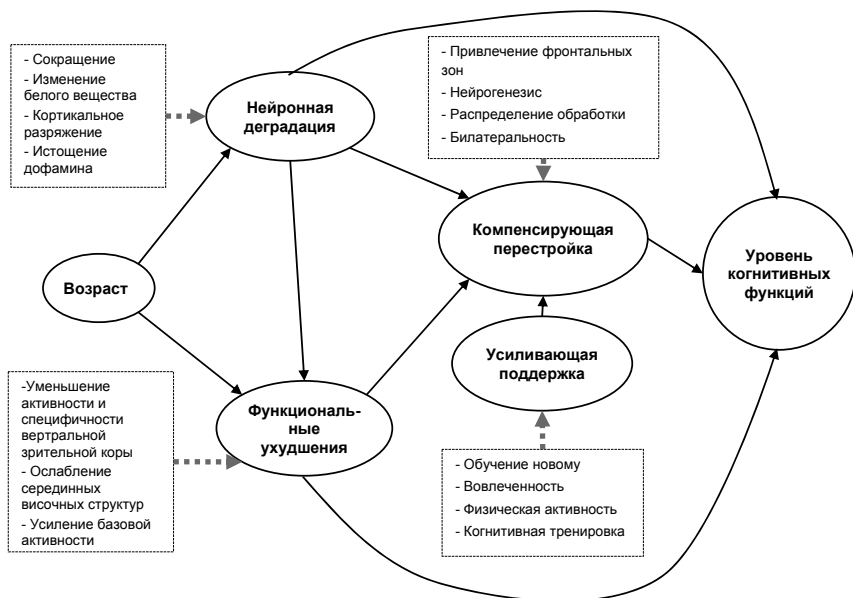
видно, на процессах обучения будут сказываться иные, не связанные с обучением воздействия. Если нейронная активность в период идущего синаптогенеза мозга ребенка как-то подавляется извне, то нарушается и формирование нервных сетей из-за необразования нужных, запрограммированных развитием мозга контактов. Вследствие этого «неустановления» связей нервная клетка получает внутренний сигнал к апоптозу, так как вне этих связей она, как и тысячи других клеток, «перепрограммируется» к отмиранию.

Таким образом, современная нейробиология ставит в центр исследований физиологии обучения важную проблему – свойство нервных клеток «входить в апоптоз» из-за невключенности их в систему работающих нервных сетей. Это возможно и при неонатальном воздействии на мозг плода, и при терапии ребенка в период развития после рождения, это становится ведущей причиной сложностей с обучением стареющего мозга.

Еще одна задача, которая остается актуальной, – природа переучивания, особенно в контексте проблем последипломного образования и обучения старших возрастных групп. Переучивание – это разрушение устоявшихся нейронных сетей. Надо ли доводить это разрушение «до основания» или можно воспользоваться фрагментами старых межнейронных объединений? Где следует остановиться?

Согласно теории *приспособительного изменения мозгового обеспечения когнитивной деятельности в процессе старения* – scaffolding theory of aging and cognition (STAC), функциональные изменения в процессе старения представляют собой реализацию осуществляемого в жизненном цикле процесса компенсаторного приспособления, адаптации к изменяющимся (ухудшающимся) условиям существования мозга [191, 209]. «Scaffolding» (дословно «строительные леса») определяется как нормальный процесс, результатом которого являются изменения в функционировании мозга, достигаемые за счет укреп-

ления существующих связей, формирования новых связей и вывода из употребления связей ослабленных или поврежденных. Концептуальная модель приспособительного изменения мозгового в процессе старения приведена на рис. 6.4.



**Рис. 6.4.** Концептуальная модель самокоррекции мозгом когнитивной деятельности в процессе старения STAC [191]

Согласно концептуальной теории STAC, устанавливается связь между старением и когнитивным функционированием с учетом выявленных к настоящему времени релевантных факторов. В модели отмечены, в частности, присущие старению такие объективные явления, как уменьшение в объемах мозга (shrinkage), изменения в белом веществе мозга (white matter changes), уменьшение толщины слоя серого вещества (cortical thinning), истощение запасов дофамина (dopamine depletion). Эти явления, сопровождающие нормальное старение (aging), объединены в группу изменений нейронных механизмов

(neural challenges). К другой группе явлений – ухудшение функциональных (системных) механизмов (functional deterioration), сопровождающих нормальное старение, – отнесены такие известные к настоящему времени явления, как дедифференциация вентральной зрительной области (dedifferentiation of ventral visual area), ослабленное вовлечение медиальных височных областей (decreased medial temporal recruitment), усиленная активность системы обеспечения состояния спокойного бодрствования (increased default activity). В модели отражено, что функциональное ухудшение может возникать под влиянием изменений на нейронном уровне. Обе эти группы факторов оказывают непосредственное влияние на уровень когнитивного функционирования (level of cognitive function), а также действуют на него опосредованно через механизмы компенсаторного приспособления (compensatory scaffolding). К группе явлений компенсаторных механизмов авторами отнесены (дополнительное) вовлечение передних областей коры (frontal recruitment), развитие и рост нервной ткани (neurogenesis), распределение обработки информации в пространстве мозга (distributed processing), возрастание степени билатеральности системных механизмов (bilaterality). Авторы теории также считают необходимым выделить и объединить в группу факторы, способствующие активации компенсационных механизмов (scaffolding enhancement), такие как новые виды обучения (new learning), активная деятельность (engagement), физические упражнения (exercise), специальные виды когнитивной тренировки (cognitive training).

Д. Парк и П. Рейтер-Лоренц подчеркивают, что адаптивность мозга к возникающим задачам в различной степени, но обязательно проявляется в любом возрасте и в разных жизненных обстоятельствах, в том числе при патологиях, и что именно это свойство выдвигается на первый план в противостоянии разрушительным нейробиологическим явлениям старения. При этом авторы обращают внимание на то, что ре-

сурсы адаптации ограничены и реализуемые этим процессом на стадии старения когнитивные механизмы, как правило, менее эффективны, чем используемые на более благоприятных стадиях онтогенеза. То же самое может быть сказано и о собственно механизмах функциональной адаптации (скаффолдинга) стареющего мозга, которые к тому же могут быть повреждены патологическими процессами вплоть до полной потери таких механизмов.

Таким образом, в соответствии с предлагаемой теорией STAC для понимания возможностей лиц пожилого возраста необходимо принять во внимание большое число действующих факторов: тех, действие которых приводит к снижению возможностей, и тех, действие которых приводит к существенной функциональной компенсации неблагоприятных изменений. Рассмотрение факторов и механизмов компенсации открывает путь к разработке соответствующих методов обучения, способствующих повышению качества жизни пожилых людей.

В целом полученные результаты демонстрируют сложную динамику активности мозга в процессе нормального старения и могут быть интерпретированы и с позиций представления о компенсации возникающих когнитивных дефицитов, и с позиций представления о генерализованной дедифференциации. Генерализованные, общие для всех состояний, изменения активности отражают, вероятно, биологические процессы, ассоциируемые с нормальным старением. Изменения, специфические для каждого из заданий, могут отражать специфические изменения в нейрональных процессах или в когнитивных стратегиях разной модальности, направленные на преодоление неблагоприятных возрастных изменений.

Возрастные особенности проявляются не у всех одинаково: очевидно, существуют различия как в степени дегенеративных изменений, так и (что особенно интересно с точки зрения обучения) в силу различий в использовании дополнительных

компенсационных изменений. Имеется и кросс-культуральный подход к объяснению различий в когнитивной динамике старения [174]: индо-тибетские модели медитативного стрессового прекращения и обогащения знаний позволяют избегать аллостатического отягощения (избыточного, ведущего к преждевременному изнашиванию организма) за счет ассоциации, положительных эмоций и творческого реагирования.

#### **6.4. Проблемы и преимущества третьего возраста**

*Коррекция модели «полного усвоения».* Традиционная педагогика основана на модели «полного усвоения» («mastery learning»). Под полным усвоением материала в специально проведенных экспериментах понималось точное воспроизведение испытуемым заданного объема информации после серии попыток заучивания, количество которых не ограничивалось и определялось самим испытуемым. Считается, что при правильной организации обучения, особенно при снятии ограничений во времени, абсолютное большинство учащихся в состоянии полностью усвоить обязательный учебный материал. Привлекательность такой модели в том, что она гарантирует достижение учебного результата практически всем.

В основе модели «полного усвоения» лежат идеи, выдвинутые американским психологом Б.С. Блумом [111]. Он исходил из посылок, согласно которым разброс успеваемости – это следствие разброса способности к обучению. Поэтому постоянным фиксированным параметром обучения должен стать именно результат. А все другие параметры обучения должны меняться, подстраиваясь под достижение всеми учащимися заранее заданного результата. И, прежде всего, необходимо отказаться от единого усредненного темпа учебной работы, снять ограничения на временные рамки усвоения учебного материала. Все это означает, что, используя при построении учебных программ и учебных планов показатель

«время усвоения материала», обычно имеют в виду его полное усвоение.

Для проверки модели «полного усвоения» был проведен эксперимент, где в качестве характеристик процесса полного усвоения были выбраны три показателя: количество попыток при заучивании материала, количество выученных понятий и время усвоения. Выбор этих показателей обоснован тем, что именно они выступают в качестве основных переменных в модели полного усвоения учебных знаний Б. Блума и рассматриваются в числе основных показателей переработки информации в модели интеллекта Г. Айзенка: скорость решения задачи, настойчивость, проявляющаяся в количестве попыток решить трудную задачу, и число ошибок [3, с. 111–131]. В качестве исходной предпосылки выступала также известная закономерность связи возраста с ТУЗ [76].

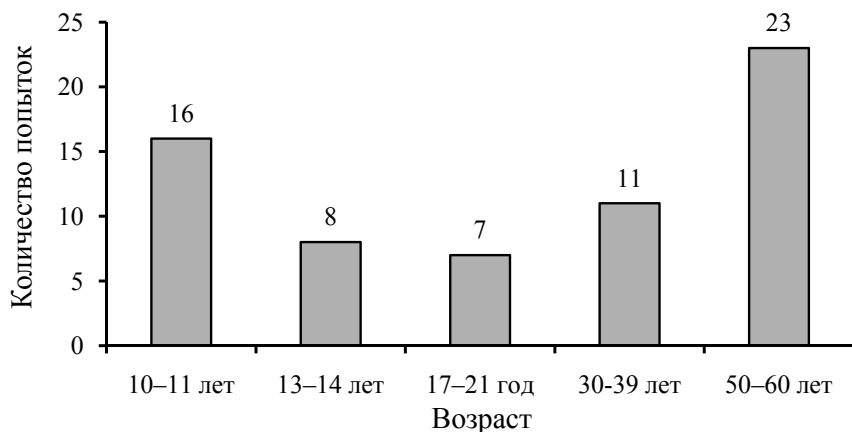
В эксперименте приняли участие 165 чел. разного возраста в диапазоне 10–60 лет [76]. Моделирование процесса усвоения учебного материала осуществлялось с использованием методики ТУЗ<sup>1</sup>. Было установлено, что наибольшее количество попыток для полного заучивания 20 понятий необходимо людям в возрасте 50–60 лет (в среднем 23 попытки при индивидуальном разбросе от 5 до 76) и младшим подросткам (в среднем 16 попыток при индивидуальном разбросе от 8 до 30). Возрастная динамика этого показателя представлена на рис. 6.5.

Согласно полученным данным, по показателю «время, необходимое для заучивания» лучшие результаты показали старшие подростки (13–14 лет) и студенты (17–21 год). Людям среднего и пожилого возраста (40–49 и 50–60 лет) необходимо существенно больше времени, чтобы заучить весь список понятий. Следует отметить также значительный разброс индивидуальных значений в каждой возрастной группе, причем

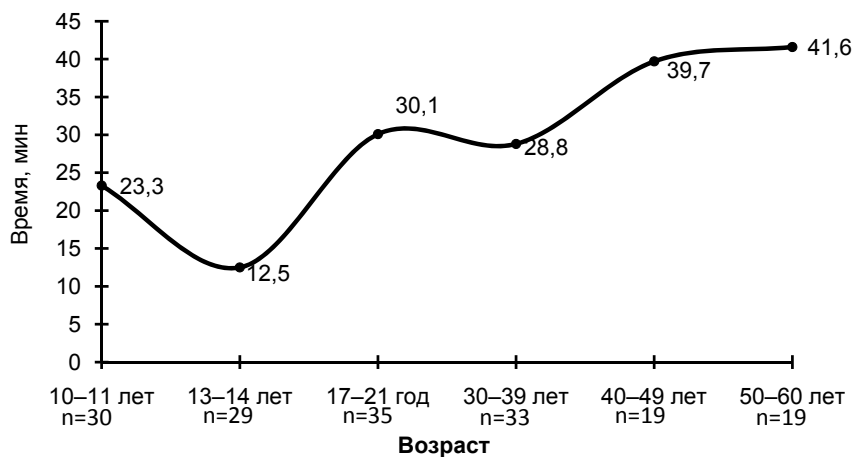
<sup>1</sup> В ходе исследования стандарт проведения теста ТУЗ был изменен. Процесс усвоения понятий не ограничивался тремя попытками, анализировалось общее число попыток и время, необходимое для полного запоминания всех 20 пар слов.

этот разброс увеличивается с возрастом [34]. На рис. 6.6.приведена возрастная динамика «полного заучивания».

Исследование также показало, что чувствительным к изменениям возраста оказался и такой показатель, как количество «усвоивших концептов». Наибольший процент испы-



**Рис. 6.5.** Количество попыток, необходимое для полного усвоения информации по методике ТУЗ в разных возрастных группах



**Рис. 6.6.** Время, необходимое для полного усвоения информации по методике ТУЗ (20 пар понятий) в разных возрастных группах

туемых, полностью выучивших понятия, – это студенты возрастной группы 17–21 год. Далее следуют выборки взрослых (30–39 лет и 40–49 лет). Наименьший процент испытуемых, полностью заучивших слова, составляют «крайние» возрастные группы – младшие подростки (10–11 лет) и взрослые в возрасте 50–60 лет.

Согласно описанному исследованию, часть обучаемых не может запомнить учебный материал полностью [76]. Это явление получило название «феномен» неспособности [75]. Чем старше возрастная группа, тем больше в ней оказывается испытуемых, не способных запомнить весь список. Наличие такого феномена, не соответствующего традиционному подходу «полного усвоения», требует коррекции этой модели, по крайней мере, применительно к старшим возрастным группам, а значит, и применительно к дидактике непрерывного обучения взрослых. Следует признать, что темп обучения не может оставаться решающим фактором, если есть случаи, когда увеличение времени заучивания все равно не приводит к «полному усвоению». Значит, для достижения «полного усвоения» необходимо менять какие-то другие параметры образовательной среды [34].

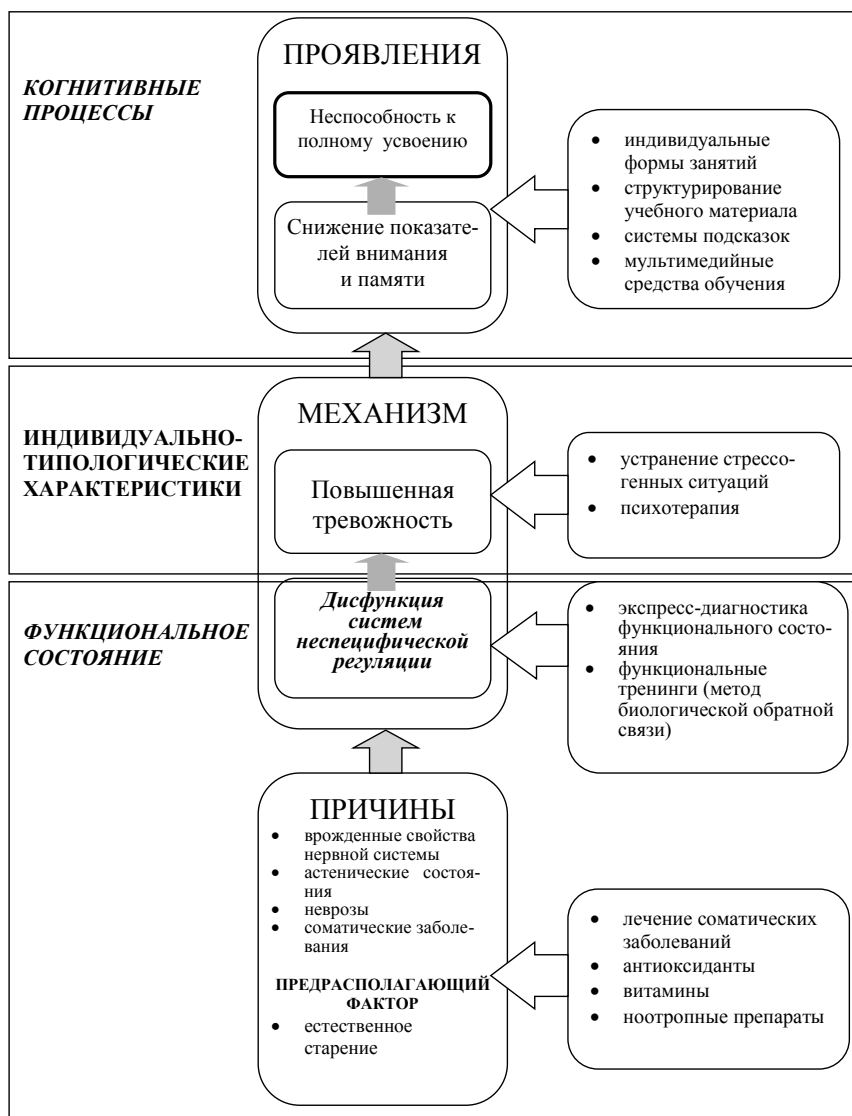
Поиску психофизиологических особенностей лиц, не способных к полному усвоению, посвящены экспериментальные исследования, например [43]. Выяснилось, что не способные к «полному усвоению» лица имеют меньший объем оперативной памяти. Кроме того, у них обнаружили особенности субъективного восприятия времени, а именно склонность преуменьшать длительность временных интервалов. Иначе говоря, для лиц, не способных к «полному усвоению», время как бы течет быстрее [43]. Установленное нарушение чувства времени также является одним из проявлений дисфункции активирующих систем мозга. Это означает, что обучение происходит у них на фоне субъективного дефицита времени и, как следствие, нарастающей эмоциональной напряженности.

У не способных к «полному усвоению» лиц ЭЭГ была «плоской», т. е. низкоамплитудной, со слабо выраженным альфа-ритмом. Низкоамплитудная ЭЭГ свидетельствует о стойкой повышенной активации мозга. Обычно такое состояние сочетается с повышенной тревожностью. Плоская ЭЭГ встречается также при неврозах, астенических состояниях и некоторых заболеваниях, в частности при нарушениях мозгового кровообращения и болезнях щитовидной железы (с возрастом вероятность развития этих состояний, естественно, повышается).

Кроме того, у всех испытуемых, не способных к «полному усвоению», был видоизменен эффект ДАР: при умственной нагрузке падение амплитуды альфа-ритма либо практически отсутствовало, либо наблюдалось в течение очень длительного периода, в 3–5 раз дольше, чем в норме. Все эти особенности ЭЭГ имеют общий нейробиологический «знаменатель» – нарушение функции активирующих систем мозга. Причиной такой дисфункции могут быть индивидуальные особенности нервной системы, функциональные расстройства и соматические заболевания. Но общий итог в любом случае – повышение тревожности и расстройство познавательной деятельности [34, с. 165–166].

Таким образом, нарушение полного запоминания представляет собой внешнее проявление многоуровневого системного процесса. Нейробиологическая основа процесса – дисбаланс активирующих систем мозга, обусловленный индивидуальными свойствами нервной системы, функциональными расстройствами или соматическими заболеваниями (рис. 6.7). Фактор возраста играет в данном случае predisposing роль, т. е. способствует проявлению и усиливает уже имеющийся дисбаланс систем неспецифической регуляции.

Такой же многоуровневой должна быть и *система воздействий*, позволяющая достичь максимального усвоения знаний [34, с. 168]. Главные параметры, воздействие на которые повысит результаты обучения:



**Рис. 6.7.** Неспособность к «полному усвоению»: структура нарушения и уровни коррекции

- функциональное состояние (баланс активирующих систем мозга);
- эмоциональное состояние (в частности тревожность);
- стратегии когнитивной деятельности (в первую очередь внимания и памяти).

Разработчикам технологий непрерывного образования важно знать, что при обучении старших возрастных групп следует избегать стрессогенных ситуаций, отдавая предпочтение индивидуальным формам занятий. При этом «снятие временных ограничений» как главный принцип модели «полного усвоения» необходим именно при проверке знаний, когда эмоциональное напряжение особенно велико. Зачетное тестирование и экзаменацию следует предварять тренировочными попытками, что значительно ослабит стрессовый фактор.

Поскольку в структурах головного мозга за негативные эмоции отвечает миндалина, то для их отсутствия важно, чтобы эта часть лимбической системы оставалась неактивной. Активность миндалины подавляется при напряженной работе над мысленными заданиями, в которых не задействованы сильные эмоции [42, с. 103]. Следует учесть, что равномерная, в меру напряженная когнитивная работа без сильных эмоциональных стимулов сама по себе приводит к регуляции эмоционального состояния.

Возрастное снижение концентрации внимания, ухудшение механической памяти можно компенсировать за счет повышения структурированности учебного материала, использования логических схем и системы подсказок. В проектировании образовательной среды для взрослых, и в особенности для пожилых людей, необходимы специальные дидактические приемы и методики, которые предусматривают не только компенсацию возрастного снижения когнитивных функций, но и опору на возрастные преимущества – высокую мотивированность, самостоятельность, жизненный опыт и т. д. [34, с. 170].

Таким образом, возрастные трудности в обучении не фатальны, они обусловлены функциональными механизмами, которые хорошо поддаются коррекции. Продолжение поиска в этом направлении позволит пересмотреть и существенно дополнить модель «полного усвоения» и предложить инновационные образовательные технологии для взрослых. Новые методы обучения пожилых людей вкупе с увеличением продолжительности жизни приведут к серьезным социальным трансформациям. Очевидно, что жизненный цикл человека дополнится новыми стадиями: после взросления детей и поздней взрослости наступит «вторая молодость»: время обучения, возможность сменить профессию, по-новому пройти процесс социализации в изменившемся обществе.

Следует учесть, что образование людей старшего возраста должно стать не столько проще, сколько рассчитанным на специфические преимущества когнитивных способностей людей старше 40 лет. Известно, что наряду с возрастным снижением многих когнитивных способностей примерно на прежнем уровне сохраняются способности к выполнению рутинных повседневных и профессиональных работ, лингвистические и вычислительные способности, а также способности к решению задач, требующих, главным образом, использования процедурной памяти [203]. С возрастом больше возможностей эффективного решения плохо формулируемых и противоречивых проблем, требующих привлечения такой трудно определяемой когнитивной способности, как мудрость.

**Мудрость.** Одной из важных когнитивных особенностей зрелого возраста, часто упоминаемой историками и воспетой писателями и поэтами, является мудрость. Как заметил Дж. Брунер, по мере развития революции в психологии становится все более очевидным, что «мудрость» также следует отнести к основным ценностям: ее трудно определить и еще труднее достичь [121]. Долгое время это явление лежало вне поля научного анализа. Вместе с тем в ряде исследований сделана

попытка очертить этот феномен и найти его основания. Мудрость можно описать по ряду признаков: просоциальная позиция и соответствующее поведение; принятие социальных решений на основе прагматического знания жизни; эмоциональный гомеостазис; рефлексия и адекватная самооценка; ценностный релятивизм и толерантность; признание вероятностного характера бытия и эффективное использование этого знания [182]. Современные многофакторные теории интеллекта включают мудрость как метакогнитивный фактор в состав способностей человека [26, с. 48–49].

В исследовании Т. Микс и Д. Джиги предложена модель мозговых механизмов мудрости, включающая в себя фронтостриальные и фронтолимбические сети с моноаминергическими связями. Мудрость обеспечивается оптимальным балансом между функционированием филогенетически старых (лимбическая система) и новых (префронтальный кортекс) областей [182].

Природу такой ценной когнитивной способности позволяет раскрыть нейросетевое моделирование старения мозга. Такой анализ был выполнен с использованием подхода к моделированию когнитивных функций мозга, предложенного Дж. Хопфилдом [158]. Проведенное моделирование показало, что с увеличением возраста рельеф функции энергии нейронной сети сглаживается по причине ослабления межнейронных связей [35]. Сравнение несглаженной функции энергии, соответствующей младшей возрастной группе и сглаженной (старшая возрастная группа) подтвердило, что стратегически правильное решение может быть легче достигнуто именно в случае сглаженной функции энергии. Это возрастное сглаживание функции энергии нейронной сети имеет важный когнитивный эффект: позволяет сети избегать застревания в локальных субоптимальных состояниях. Соответственно, в реальном мозге ослабление межнейронных связей вследствие его возрастных нейрофизиологических изменений должно

благоприятствовать более целостному видению анализируемой ситуации и вычленению ее наиболее важных аспектов, т.е. появлению когнитивной способности, которую можно квалифицировать как мудрость [73].

Конечно, при сглаживании теряются мелкие детали, которые в определенных ситуациях могут быть очень важны. Но также следует признать, что во многих случаях «зацикливание» на частностях не способствует нахождению наилучшего решения. Метафорически выражаясь, можно сказать, что когнитивный эффект сглаживания рельефа функции энергии способствует возможности «увидеть за деревьями лес», т. е. помогает стратегическому видению ситуации. Очевидно, что эта ситуация эквивалентна проявлению мудрости у пожилых людей, понимаемой как способность найти оптимальное решение в сложных противоречивых обстоятельствах, отвлекаясь от маловажных аспектов и четко представляя проблему в целом [35].

Таким образом, при старении мозга наряду с отрицательными, на первый взгляд, изменениями его когнитивных свойств, такими как ослабление памяти на детали повседневной жизни, у него появляется ценная способность видеть проблемные ситуации с более общей точки зрения, выделять в них главное и в конечном счете находить эффективные решения, т. е. возникает способность, которую можно рассматривать как составляющую часть мудрости – когнитивного свойства, традиционно ассоциирующегося с пожилым возрастом.

Обнаруженная тенденция в целом соответствует Второму началу термодинамики – полная энтропия системы (т.е. хаос) всегда возрастает. Именно поэтому старение и тому подобные процессы – универсальная черта нашей жизни. Второе начало незыблемо: все в нашем мире от полевых цветов до самой Вселенной обречено на старение и умирание. Однако в законе имеется важная деталь: всегда возрастает полная энтропия системы. Это означает, что можно уменьшить энтропию и по-

вернуть процесс старения вспять в одном месте, при этом энтропия возрастет в другом [33, с. 223]. Таким образом, одним из последствий деструктивных, на первый взгляд, возрастных нейрофизиологических изменений мозга является приобретение им качественно новой когнитивной способности, дающей определенные преимущества студентам старшего возраста.

Понимание особенностей интеллектуального развития студентов разного возраста позволит совершенствовать методы и средства обучения применительно к потребностям развития интеллекта конкретного возрастного этапа. Сравнение интеллектуального развития студентов, обучающихся с помощью разных дидактик, также позволит решить важные практические и теоретические проблемы: исследовать вопрос о специфике развития интеллекта в условиях применения информационно-компьютерных технологий, сравнить психометрический (т. е. измеряемый с помощью тестов) интеллект студентов гуманитарных, точных и естественнонаучных специальностей и т. д.

## **Выводы по главе 6**

Возрастающая значимость образования взрослых – общепризнанный факт. В условиях современного общества, требующего непрерывного обучения в течение жизни, актуальным вопросом является определение специфических механизмов и особенностей обучения зрелого мозга. Важную роль для построения современных образовательных систем имеет исследование процессов, происходящих с мозгом при естественном старении. Построение комплексной картины того, как меняются механизмы обучения мозга с возрастом, является задачей ближайшего будущего, однако имеющиеся исследования позволяют сделать важные выводы, имеющие уже практическую ценность.

Прежде всего, следует отметить, что мозг способен эффективно обучаться в течение практически всей жизни человека.

Анализ возрастного распределения IQ показывает, что уже к возрасту 19–20 лет наблюдаются верхние значения показателей интеллекта, которые до 50 лет сохраняются примерно на одинаковом уровне. Характер распределения средних значений IQ по возрастным группам от 16 до 48 лет носит, скорее, характер плато, а снижение показателей можно заметить лишь в возрастных группах старше 50 лет. После 60 лет можно говорить о более существенном снижении скоростных показателей интеллектуальных способностей, которые, однако, позволяют продолжать обучение в специально организованной образовательной среде.

Возрастные особенности проявляются не у всех одинаково: очевидно, существуют различия как в степени дегенеративных изменений, так и в силу различий в использовании дополнительных компенсационных изменений. Общепринятая модель «полного усвоения» нуждается в поправках, поскольку выявлены лица, не способные к полному усвоению. Неспособность к «полному усвоению» – результат дисфункции активирующих систем мозга. В старших возрастных группах (после 40 лет) это явление встречается чаще. При дисфункции активирующих систем страдает субъективная оценка времени и обучение проходит на фоне стресса, вызванного субъективным чувством нехватки времени. Методики обучения лиц старших возрастных групп, наиболее подверженных дисфункциям активирующих систем, должны максимально использовать тренировочные занятия, предшествующие зачетному тестированию.

Главная особенность изменения интеллекта при старении – дифференциация психических функций. Так, «текучий» интеллект, отвечающий за восприятие нового и адаптацию к окружающей среде, достигает пика к 20–30 годам. Затем он начинает неуклонно снижаться, особенно после 60 лет. «Кристаллизованный» интеллект, связанный с приобретенными знаниями, навыками и способами их применения в реальной

жизни, растет в течение всей жизни и лишь в глубокой старости начинает снижаться на фоне деструкции мнемических способностей.

Наблюдения за мозгом в процессе нормального старения позволили предложить модель компенсации возникающих когнитивных дефицитов. Прежде всего, само обучение является генерализованным защитным фактором для стареющего мозга. К частным компенсаторным механизмам можно отнести (дополнительное) перераспределение когнитивной нагрузки в разных областях мозга, развитие и рост нервной ткани, повышение степени билатеральности системных механизмов. Образование людей старшего возраста должно стать не столько проще, сколько рассчитанным на специфические преимущества когнитивных способностей людей старше 40 лет.

В целом возрастные трудности в обучении не являются фатальными, они хорошо поддаются коррекции. Возрастное уменьшение возможностей мышления, памяти и внимания можно компенсировать за счет специальных приемов организации учебного процесса и структурирования учебного материала. Кроме того, возрастные нейрофизиологические изменения наряду с отрицательными последствиями придают мозгу взрослого человека некоторые когнитивные преимущества. Благодаря специфической перестройке мозговых механизмов появляется ценная способность видеть проблемные ситуации с более общей точки зрения, выделять в них главное и в итоге находить эффективные решения, что традиционно ассоциируется с мудростью старшего возраста.

## **Заключение**

В монографии обобщены результаты разрозненных нейрофизиологических, психологических и педагогических исследований, многолетних наблюдений за образовательным процессом, знакомства с интересными теориями, фактами и людьми. Отражен личный опыт авторов и их видение перспектив образования и современного общества в целом. Уважительно относясь к традициям классической дидактики, авторы тем не менее не смогли пройти мимо ее очевидных проблем, господствующих мифов и профессиональных стереотипов. Отсутствие в основании классической дидактики фундаментальной научной базы вызвало естественное внимание к динамично развивающейся науке о мозге.

Нейронаука позволила по-новому взглянуть на процесс обучения. Главный вывод, который может быть предложен читателю: механизмы обучения перестают быть «тайнством» и могут быть объяснены через измеримые процессы, происходящие в мозге. Новые технологии исследования позволили заглянуть в глубь обучающегося мозга, переосмыслить старые дидактические проблемы и поставить новые вопросы. Оказалось неожиданным, что даже такие сложные когнитивные процессы, как мышление, память и внимание, описываются общим нейропараметром – балансом активационных систем мозга. Изученная динамика нейроанатомических и нейрохимических изменений свидетельствует об их связи с обучением. Важный результат нейродидактики, полученный в ходе экспериментальных исследований Института когнитивной

нейрологии Современной гуманитарной академии, состоит в установлении связи между процессом и итогом обучения и индивидуальным уровнем неспецифической активации мозга. По-новому удалось взглянуть и на результат образования: оказалось, что его можно объективно оценить через изменение строения и мозговых функций.

Сформировавшаяся за последние два десятилетия нейродидактика уже на сегодняшний день имеет солидный опыт экспериментальных исследований и наблюдений, сформировались ее основные направления и исследовательские центры. Становятся актуальными осмысление пройденного пути, обсуждение возможностей применения научных результатов в практике образования, постановка принципиальных проблем будущих исследований.

Закономерности работы мозга невозможно понять без учета психологической и социальной сторон этих процессов. Одновременный анализ нейронных и социальных процессов, связанных со способностями к обучению, дает возможность уточненного понимания когнитивных способностей и закладывает основы современной методологии их изучения. Масштабное исследование популяционного уровня интеллекта России, осуществленного в СГА, явилось значимой научной и практической задачей. Проведенный в настоящей монографии обзор позволяет построить многоуровневую модель естественной динамики когнитивных способностей, их проявления в реальном процессе обучения, измерения и развития. Это дает возможность объяснить тенденции колебания уровня интеллекта, проявляющиеся в последнее столетие. Полученные в ряде исследований данные позволяют оценить величину возрастания среднего по этносу уровня IQ. Наиболее убедительное объяснение так называемого эффекта Флинна – распространение обучения среди населения, рост его продолжительности и, прежде всего, доступность высшего образования.

Одним из острых теоретических вопросов нейродидактики, имеющим очевидный практический интерес, является соотношение роли наследственности и среды в развитии способности к обучению. Обобщающий анализ экспериментальных работ позволил оценить вклад каждого из факторов (наследственность и среда) в развитие индивида. При этом показана роль образования и получены эмпирические оценки вклада обучения в прирост IQ.

Изученная в ходе проведенного в США лонгитюдного исследования динамика интеллектуальных способностей студентов вуза в процессе обучения дает убедительные свидетельства роли образования в построении общества равных возможностей и социальной справедливости. Так, подтверждена неравномерность прироста когнитивных способностей в зависимости от их исходного уровня: наибольший «когнитивный выигрыш» от образования получают люди с изначально низким уровнем таких способностей. Тем самым образование становится важным фактором сглаживания как когнитивных, так и социальных различий. Связь интеллекта с развитием функций мозга и социальным статусом позволят рассматривать темп повышения интеллекта в разных странах как обобщающую характеристику качества жизни вместо принятого в настоящее время индекса развития человеческого потенциала.

Проведенные в последние годы эксперименты в области образования подтвердили базовые концепты, описывающие работу мозга. Так, получены новые данные о пластичности мозга, проявляющейся в усвоении знаний и компенсации возрастных изменений. Исследования в области нейродидактики позволили уточнить понятие обучаемости, наполнить его конкретными смыслом и четкими эмпирическими индикаторами. Функциональными параметрами образованности являются темп усвоения знаний и темп операций классификации. Соответственно им разработаны новые методы диагностики, оптимальные для задачи современного образования.

Полученные выводы не ограничиваются простым и очевидным тезисом, что понимание закономерностей мозговой деятельности позволяет сделать обучение эффективным. Образование – это функция мозга, но в процессе образования сам мозг меняется. Понимание этого позволяет перейти от парадигмы «использования мозга для обучения» к парадигме «развитие мозга посредством обучения». На основе научных данных предложены и апробированы принципы формирования образовательной среды вуза, эффективно поддерживающие и развивающие обучаемость, оценена эффективность различных технологий от обогащенной образовательной среды до специальных технологий стимуляции мозговой активности.

В результате многолетней исследовательской и экспериментально-дидактической работы предложено понятие образованности, отличное от суммы знаний. Образованность является результатом учебной работы, проявляющимся в функциональном развитии головного мозга человека (нейропластичности). С точки зрения нейронауки образованность индивида развивается в континууме, на одном конце которого неэффективность работы с новой информацией (гипотез мало, или они медленно проверяются), а на другом – компетентность (гипотез много, и они обрабатываются максимально быстро). Образованность, таким образом, сопряжена с оптимальным балансом когнитивного сосредоточения на задаче и времени обработки информации. Обнаружение принципиальных функциональных изменений мозга человека в ходе обучения позволило разработать объективную шкалу образованности на основе соотношения показателей альфа-ритма электрической активности головного мозга человека при обработке информации из внешней среды.

Интересные и многообещающие выводы могут быть сделаны на основе изучения специфики обучения взрослых. Прежде всего, следует отметить, что зрелый мозг способен к эффективному обучению, а неблагоприятные отклонения в

состоянии структур функций мозга компенсируются особыми механизмами мозга. Более того, лонгитюдные исследования показывают, что сам процесс обучения в вузе оказывает компенсирующее влияние на возрастное ухудшение когнитивных функций. В целом функциональные изменения в процессе старения представляют собой процесс компенсаторного приспособления, адаптации к изменяющимся условиям существования мозга. При этом возрастные особенности проявляются не у всех одинаково: различия имеются как в степени возрастных изменений, так и в реализации дополнительных компенсационных изменений. Соответственно, обучение взрослых требует создания новой типологии учебных способностей, применимой к обучению в течение всей жизни.

При исследовании учебной деятельности взрослых установлено, что общепринятая модель «полного усвоения» нуждается в поправках. Нарушение полного запоминания представляет собой многоуровневое явление, в результате которого – дисфункция активирующих систем мозга. Соответственно, многоуровневой должна быть и система компенсации, позволяющая достичь оптимального усвоения знаний и включающая коррекцию функционального (баланса активирующих систем мозга) и эмоционального состояния и формирование оптимальных стратегий когнитивной деятельности.

Возрастное уменьшение когнитивных способностей оказалось возможным компенсировать и за счет дидактических приемов, таких как дискретизация учебного материала или снижение когнитивной нагрузки на учебную единицу. Кроме того, проектирование образовательной среды для взрослых должно учитывать не только компенсацию возрастного снижения когнитивных функций, но и опору на возрастные преимущества – высокую мотивированность, самостоятельность и жизненный опыт. Старение мозга наряду с отрицательными на первый взгляд изменениями ведет к формированию мудрости – ценной способности видеть проблемные ситуации с бо-

лее общей точки зрения, выделять в них главное и в конечном счете находить эффективные решения.

Наше совершенствующееся представление о том, как меняются механизмы обучения мозга с возрастом, позволяет показать перспективы обучения в течение всей жизни. Экспериментальные данные настраивают на оптимистический взгляд: возрастные трудности в обучении не фатальны, они обусловлены нейронными механизмами, которые поддаются коррекции. Продолжение поиска в этом направлении позволит как пересмотреть и существенно дополнить саму модель «полного усвоения», так и предложить инновационные образовательные технологии для взрослых. Новые методы обучения пожилых людей вкупе с увеличением продолжительности жизни приведут к серьезным социальным трансформациям, дополнят жизненный цикл человека новыми стадиями: после взросления детей и поздней зрелости наступит «вторая молодость», время нового обучения, возможность сменить профессию, по-новому пройти процесс социализации в изменившемся обществе.

Обращение к нейронауке об обучении позволяет находить ценные инсайты для педагогов и организаторов образовательной среды. Разумеется, и методы нейродидактических исследований, и сами теоретические модели являются несовершенными, а обнаруженные закономерности и полученные идеи часто сложно применить в дидактической практике. Вероятно, пройдут годы, прежде чем получаемые этой новой наукой данные можно будет безошибочно и легко применять в образовании. Но первые шаги сделаны, и нейродидактика показала свои возможности и сделала заявку как одна из фундаментальных основ проектирования образовательных систем будущего.

## Глоссарий

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hard skills  | жесткие профессиональные навыки, готовность к конкретным и специфичным профессиональным действиям, которые можно довести до автоматизма в той или иной профессиональной сфере                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Soft skills  | общекультурные и коммуникативные компетенции, мотивация для непрерывного образования, в том числе профессионального, навыки поиска информации, самообучения в информационной среде, адаптивность в быстроменяющихся социально-экономических условиях, способность соответствовать изменяющимся условиям рынка труда                                                                                                                          |
| Альфа-ритм   | доминирующий ритм ЭЭГ покоя у бодрствующего человека, возникает в результате синхронной и когерентной (по фазе) электрической активности большой группы нейронов в головном мозге человека                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Андрагогика  | отрасль педагогической науки, предметом которой являются закономерности образования взрослых, их общего и профессионального развития. При андрагогическом подходе содержание обучения отбирается исходя из образовательных запросов и опыта взрослого; проектирование и организация учебной деятельности осуществляются с учетом его возрастных и личностных особенностей, мотивации, социального, познавательного и профессионального опыта |
| Апоптоз      | регулируемый процесс программируемой клеточной гибели, в результате которого клетка распадается на отдельные части                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Вигоросность | (от лат. <i>vigorous</i> – бодрый, сильный, энергичный) качество личности, характеризующееся высокой энергичностью, активностью, стремлением к достижению цели и преодолению препятствий                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Внимание                             | избирательная направленность восприятия на тот или иной объект. Изменение внимания выражается в изменении переживания степени ясности и отчетливости содержания, являющегося предметом деятельности человека                                                      |
| Депрессия альфа-ритма                | снижение амплитуды альфа-ритма тогда, когда человек открывает глаза или думает над задачей, которая требует определенных зрительных представлений. При повышении функциональной активности мозга амплитуда альфа-ритма уменьшается вплоть до полного исчезновения |
| Знания                               | результат процесса познания индивидом действительности; адекватное ее отражение в сознании человека в виде представлений, понятий, суждений, теорий                                                                                                               |
| Индекс функциональной образованности | показатель эффективности когнитивной деятельности мозга, основанный на соотношении параметров альфа-ритма и отражающий распределение усилий мозга по восприятию и переработке поступающей информации                                                              |
| Интеллект                            | способность индивида приспосабливаться к новым ситуациям, способность к обучению и запоминанию на основе опыта, пониманию и применению абстрактных концепций и использованию своих знаний для управления окружающей средой                                        |
| Когнитивная нагрузка                 | общий объем умственных усилий, используемых индивидом для обработки информации (удержание внимания, понимание, запоминание)                                                                                                                                       |
| Когнитивная нейронаука               | (англ. <i>cognitive neuroscience</i> ) междисциплинарный подход, объединяющий усилия когнитивной психологии и нейробиологии для изучения того, как когнитивные процессы реализуются на уровне механизмов мозговой деятельности, в том числе и на нейроне уровне   |
| Когнитивные способности              | показатели высших психических функций, к которым относятся мышление, память, внимание, пространственная ориентация, понимание, речь                                                                                                                               |

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Когнитивные функции          | наиболее сложные функции головного мозга, с помощью которых осуществляется процесс рационального познания мира и обеспечивается целенаправленное взаимодействие с ним: восприятие информации; обработка и анализ информации; запоминание и хранение; обмен информацией, построение и осуществление программы действий |
| Кожно-гальваническая реакция | электрическая активность кожи, биоэлектрическая реакция, которая регистрируется с поверхности кожи, показатель активности вегетативной нервной системы                                                                                                                                                                |
| Коэффициент интеллекта       | (англ. <i>intelligence quotient</i> (IQ)) количественная оценка уровня интеллекта (способностей) человека, определяется с помощью специальных тестов                                                                                                                                                                  |
| Магнитоэнцефалография        | технология измерения и визуализации магнитных полей, возникающих вследствие электрической активности мозга                                                                                                                                                                                                            |
| Мозг                         | центральный отдел нервной системы животных, расположенный в головном (переднем) отделе тела и представляющий собой компактное скопление нервных клеток и их отростков-дендритов                                                                                                                                       |
| Моноритмизация альфа-ритма   | изменение спектра альфа-ритма, заключающееся в снижении вариативности частот альфа-ритма                                                                                                                                                                                                                              |
| Мыслеобраз                   | целостный результат кодирования мозгом воспринимаемой информации                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Нейрогенез                   | процесс возникновения, миграции, дифференцировки нервной клетки, оканчивающийся образованием нового функционирующего и интегрированного в нейрональную сеть нейрона                                                                                                                                                   |
| Нейродидактика               | междисциплинарная отрасль, объединяющая знания в области нейронауки, психологии и образования с целью оптимизации образовательного процесса и обучения                                                                                                                                                                |
| Нейрон                       | структурно-функциональная единица нервной системы, электрически возбудимая клетка, которая обрабатывает, хранит и передает информацию с помощью электрических и химических сигналов                                                                                                                                   |

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Неспецифическая активация мозга | характерные сочетания частоты, амплитуды и топографии отдельных спектральных составляющих мозговой активности, проявляющиеся в уменьшении амплитуды альфа-ритма                                                                                                                                                                                                            |
| Образованность                  | качество развившейся личности, усвоившей опыт, с помощью которого она становится способной ориентироваться в окружающей среде, приспосабливаться к ней, охранять и обогащать ее, приобретать о ней новые знания и посредством этого непрерывно совершенствовать себя                                                                                                       |
| Образовательная среда           | социальное и пространственно-предметное окружение человека, включая программы обучения, обеспечивающие и опосредующие его общекультурное и профессиональное развитие; система условий, содержащихся в социальном и пространственно-предметном окружении человека, включая программы обучения, обеспечивающих и опосредующих его общекультурное и профессиональное развитие |
| Образовательный процесс         | совокупность учебно-воспитательного и самообразовательного процессов, направленных на решение задач образования, воспитания и развития личности в соответствии с государственным образовательным стандартом                                                                                                                                                                |
| Обучаемость                     | общая способность индивида к усвоению новых знаний, формированию умений и навыков, характеризует уровень развития когнитивных способностей и метакомпетенций (умение учиться)                                                                                                                                                                                              |
| Память                          | общее обозначение для взаимосвязанной и многоуровневой системы познавательных способностей и высших психических функций по накоплению, сохранению и воспроизведению знаний и навыков                                                                                                                                                                                       |
| Пульсометрия                    | измерение частоты пульса, вариативность которого отражает различные стороны психофизиологического напряжения: мышечного, терморегуляторного, нервно-эмоционального и др.                                                                                                                                                                                                   |
| Телеобучение                    | система обучения, при которой преподаватель и студент разделены во времени или пространстве и обмениваются информацией с помощью технических средств – телевидения или Интернета                                                                                                                                                                                           |

|                                         |                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Темп операции классификации             | индивидуальные скоростные параметры учебной деятельности, характеризующие скорость построения мысленных моделей изучаемых явлений                                                                                     |
| Темп усвоения знаний                    | индивидуальная психофизиологическая характеристика обучаемого, выражающая его способность усваивать определенное количество информации в единицу времени                                                              |
| Технологии биологической обратной связи | передача человеку дополнительной, не предусмотренной природой информации о состоянии его органов и систем в доступной и наглядной форме. На основе этой информации человек способен влиять на механизмы саморегуляции |
| Центральная нервная система             | основная часть нервной системы животных и человека, состоящая из нейронов, их отростков и вспомогательной оболочки. У человека выделяют спинной и головной мозг                                                       |
| Электроэнцефалограмма                   | результат электрической суммации и фильтрации элементарных процессов в нейронах, запись сложного колебательного электрического процесса, который регистрируется с помощью электродов на мозге или поверхности скальпа |
| Эффект Флинна                           | неуклонный рост средних результатов выполнения тестов интеллекта в большинстве стран мира, назван по имени открывшего его ученого Дж. Флинна                                                                          |

**Основные исследования морфометрии  
результатов обучения**

| Обучение<br>(навык, компетенция)             | Объект<br>сравнения                                            | Морфологический субстрат                                                                                                                       | Источник   |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>I. Межгрупповые исследования</b>          |                                                                |                                                                                                                                                |            |
| Пространственная навигация в городе (Лондон) | Шоферы такси<br>vs<br>обычное население;<br>водители автобусов | У шоферов такси больше объем серого вещества в задних отделах гиппокампа                                                                       | [179]      |
| Стратегия навигации в виртуальном лабиринте  | Владеющие стратегией<br>vs<br>не владеющие стратегией          | У владеющих стратегией плотность серого вещества выше в гиппокампе,<br>у не владеющих – в хвостатом ядре                                       | [113]      |
| Игра на музыкальных инструментах             | Музыканты<br>vs<br>не музыканты                                | У музыкантов увеличены объемы серого вещества в зонах моторной и слуховой коры. Эти особенности зависят от интенсивности тренировочных занятий | [147]      |
|                                              | Музыканты<br>vs<br>не музыканты                                | У музыкантов увеличены объемы серого вещества в зоне слуховой коры правого полушария                                                           | [106, 107] |
|                                              | Музыканты<br>vs<br>не музыканты                                | У музыкантов более высокая плотность серого вещества в передних зонах гиппокампа левого полушария                                              | [151]      |

| Обучение<br>(навык, компетенция)         | Объект<br>сравнения                                                                       | Морфологический субстрат                                                                                                                                                                         | Источник |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|                                          | Музыканты<br>vs<br>не музыканты                                                           | У пианистов более высокая плотность серого вещества в первичной соматосенсорной коре левого полушария и в правом мозжечке; выше фракционная анизотропия в правом заднем своде внутренней капсулы | [130]    |
| Балет                                    | Артисты балета<br>vs<br>контрольная группа                                                | У артистов балета более высокие значения плотности серого вещества в задних отделах гиппокампа                                                                                                   | [161]    |
| Владение иностранным языком              | Владеющие иностранным языком<br>vs<br>не владеющие иностранным языком                     | У владеющих иностранным языком выше плотность серого вещества в области нижней теменной извилины левого полушария; степень этого различия коррелирует с уровнем владения иностранным языком      | [196]    |
| Словарный запас                          | Подростки с большим словарным запасом<br>vs<br>подростки с ограниченным словарным запасом | Положительная корреляция словарного запаса с плотностью серого вещества в нижней теменной области (зоне надкраевой извилины) левого полушария                                                    | [172]    |
| Успешность в обучении иностранному языку | Успешные<br>vs<br>неуспешные                                                              | Различия в извилине Гершля (левое полушарие): более высокая плотность белого вещества у лиц, обучающихся языку быстрее                                                                           | [220]    |

| Обучение<br>(навык, компетенция)             | Объект<br>сравнения                                                     | Морфологический субстрат                                                                                                                                                                                    | Источник |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Медитация                                    | Длительно занимающиеся медитацией<br>vs<br>без опыта занятия медитацией | У практикующих медитацию зоны правой орбитофронтальной коры, в меньшей степени правый таламус и левая нижняя височная извилина, а также правый гиппокамп характеризуются большими объемами серого вещества  | [221]    |
| <b>II. Лонгитюдные исследования</b>          |                                                                         |                                                                                                                                                                                                             |          |
| Пространственная навигация в городе (Лондон) | Водители такси<br>до и после длительного навигационного обучения        | Успешно прошедшие навигационную подготовку – увеличение плотности серого вещества в гиппокампе                                                                                                              | [218]    |
| Моторный навык (жонглирование)               | Испытуемые<br>до и после обучения                                       | Увеличение объема серого вещества в области височно-затылочных долей, нижней теменной доли и средней лобной извилины                                                                                        | [140]    |
| Моторный навык (балансировка на платформе)   | Испытуемые<br>до и после обучения                                       | Увеличение объема серого вещества в дополнительной моторной области слева, левой верхней лобной извилине и левой медиальной орбитофронтальной коре                                                          | [215]    |
| Тренировка памяти (счет в уме)               | Испытуемые<br>до и после тренировок                                     | Уменьшение объема серого вещества в лобных и теменных зонах билатерально и в зонах верхней височной извилины левого полушария (улучшение вычислительных возможностей, но снижение показателей креативности) | [214]    |

| <b>Обучение<br/>(навык, компетенция)</b>                                                                           | <b>Объект<br/>сравнения</b>                                                                                    | <b>Морфологический субстрат</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Источник</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Интегративная психосо-<br>матическая<br>тренировка<br>по методам<br>традицион-<br>ной китайс-<br>кой медици-<br>ны | Испытуемые<br>до и после<br>тренировок                                                                         | Зоны лучистого венца и мозоли-<br>стого тела со значимым увели-<br>чением фракционной анизотро-<br>пии                                                                                                                                                                                                                                                        | [222]           |
| Сложный ви-<br>деомоторный<br>навык                                                                                | Испытуемые<br>до и после<br>тренировок<br>(неделя<br>тренировок<br>по 45 мин в<br>день)                        | Увеличение объема серого веще-<br>ства в области проекции ладони<br>контралатеральной первичной<br>моторной зоны и увеличение<br>фракционной анизотропии бе-<br>лого вещества в области под зо-<br>ной изменения серого вещества                                                                                                                              | [169]           |
| Способность<br>к рассужде-<br>ниям                                                                                 | Испытуемые<br>до и после<br>обучения                                                                           | Увеличение плотности белого<br>вещества во фронтальной и те-<br>менной областях; испытуемые,<br>показавшие лучшие результа-<br>ты при сдаче тестов, имели более<br>выраженные изменения белого<br>вещества в правой внутренней<br>капсуле                                                                                                                     | [178]           |
| Чтение книг                                                                                                        | Испытуемые<br>студенты (20<br>чел.) до, во<br>время и по-<br>сле экспери-<br>мента в те-<br>чение пяти<br>дней | Значительное увеличение чис-<br>ла связей между нейронами на<br>узлах в левой угловой/супрамар-<br>гинальной извилине и правой<br>задней височной извилине.<br>Долгосрочные изменения ро-<br>ста связей между нейронами со-<br>хранялись в течение нескольких<br>дней после чтения и наблюда-<br>лись в билатеральной<br>соматосенсорной коре (кортек-<br>се) | [108]           |

## Литература

1. Агафонов А.Ю., Волчек Е.Е. Психология мнемических явлений, 2005. Самара: Универс-групп, 2005.
2. Агафонов А.Ю., Карпинская В.Ю. Помогает ли под-сказка, если она не осознается? Результаты исследования прайминг-эффектов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. 12. № 3. С. 90–94.
3. Айзенк Г.Ю. Интеллект: новый взгляд // Вопросы психологии. 1995. № 1. С. 111–131.
4. Анастаси А., Урбина С. Психологическое тестирование. СПб.: Питер, 2003.
5. Андреева Г.М. Психология социального познания. М.: Аспект-Пресс, 2000.
6. Ашмарин И.П., Стукалов П.В., Ещенко Н.Д. Биохимия мозга: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999.
7. Баарс Б., Гейдж Н. Мозг, познание, разум: введение в когнитивные нейронауки: в 2 ч. Ч. 1. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.
8. Багоцци Р.П., Герхан-Канли Ц., Пристер Й.Р. Социальная психология потребителя. М.: Академия, 2008.
9. Батра Р., Майерс Д., Аакер Д. Рекламный менеджмент. СПб.: Издательский дом «Вильямс», 2001.
10. Белопольский В.И. Возрастные изменения в скорости чтения в условиях статического и динамического предъявления текстов // Вопросы психологии. 2007. № 4. С 24–45.
11. Березина Т.Н. Образование и индивидуальная продолжительность жизни // Психология обучения. 2017. № 2. С. 112–127.

12. Березина Т.Н., Соколов Г.А. Образное моделирование как способ оптимизации психического состояния студента на экзамене // Психология и Психотехника. 2015. № 6. С. 611–620.

13. Блейхер В.М., Бурлачук Л.Ф. Психодиагностика интеллекта и личности. Киев: Вища школа, 1979.

14. Высоков И.Е., Никитина Е.В., Чмыхова Е.В. Методика измерения темпа усвоения знаний: разработка и обоснование // Труды СГУ. 1999. Вып. 10. Сер. Психология и социология образования.

15. Годфруа Ж. Что такое психология. В 2 т. Т. 1. М., 1996.

16. Голубева Э.А., Изюмова С.А., Кабардова К.М. Опыт комплексного исследования учащихся в связи с некоторыми проблемами дифференциации обучения // Вопросы психологии. 1991. № 2. С. 123–141.

17. Григорьев А.А. Исследования популяционного интеллекта: косвенные показатели и их связи с прямыми измерителями // Современная зарубежная психология. 2012. № 3. С. 40–49.

18. Громова Т. Мито Каку: Учеба уже не будет базироваться на запоминании [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.dsnews.ua/society/mitio-kaku-ucheba-uzhe-ne-budet-bazirovatsya-na-zapominanii-28082014231600>

19. Давыдов Д.Г. Вигоросность как социальная активность в образовательном пространстве: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. «Человек в современном образовательном пространстве». М.: Изд-во СГУ, 2009. С. 62–70.

20. Давыдов Д.Г., Логинов В.В. Диагностика угроз психической безопасности личности с помощью программно-аппаратного комплекса «Пульсар-А»: Материалы Межведомственной научно-практической конференции «Психология безопасности личности в современных условиях». Голицыно: ГПИ ФСБ России, 2008. Ч. 1. С. 62–63.

21. Давыдов Д.Г., Чмыхова Е.В. Обзор зарубежных подходов к созданию компьютерных систем профориентирова-

ния: Материалы Международной научно-практической заочной интернет-конференции «Выпускник на рынке труда». Москва, 20.02.11–30.04.11 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.conf.muh.ru/110220/thesis.htm>. (2011). СГА. 2011.

22. Давыдов Д.Г., Чмыхова Е.В. Применение теста Стандартные прогрессивные матрицы Равена в режиме ограничения времени // Вопросы психологии. 2016. № 4. С. 129–139.

23. Данько С.Г., Бехтерева Н.П., Качалова Л.М. Электроэнцефалографические корреляты состояний мозга при вербальном обучении. Сообщение 1. Характеристики локальной синхронизации ЭЭГ // Физиология человека. 2005. Т. 31. № 5. С. 13–20.

24. Дойдж Н. Пластичность мозга. М.: Эксмо, 2011.

25. Дробышевский С.В. Эволюция мозга человека (анализ эндокраниометрических признаков гоминид). М.: КомКнига, 2007.

26. Дружинин В.Н. Психология общих способностей. 3-е изд. СПб.: Питер, 2007.

27. Егорова М.С., Зырянова Н.М., Пьянкова С.Д. Возрастные изменения генотип-средовых отношений в показателях IQ // Вопросы психологии. 1993. № 5. С. 106–108.

28. Изюмова С.А. Методики измерения обучаемости и оценка эффективности дистанционных образовательных технологий СГУ: сб. психологических методик. М.: СГУ, 2001.

29. Изюмова С.А., Чмыхова Е.В. Влияние индивидуально-психологических особенностей на обучаемость студентов // Инновации в образовании. 2001. № 2.

30. Изюмова С.А., Чмыхова Е.В. Реализация идей вариативного индивидуально-ориентированного обучения в образовательных технологиях СГУ // Труды СГУ. 2000. Вып. 17.

31. Ильин Е.П. Дифференциальная психология профессиональной деятельности. СПб.: Питер, 2008.

32. Ильин Е.П. Психология индивидуальных различий: учеб. пособие для вузов. СПб.: Питер, 2011.

33. Каку М. Физика будущего. М.: Альпина нон-фикшн, 2012.
34. Карпенко М.П. Телеобучение. М.: СГА, 2008.
35. Карпенко М.П., Качалова Л.М., Будилова Е.В., Терехин А.Т. Когнитивные преимущества третьего возраста: нейросетевая модель старения мозга // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2009. Т. 59. № 2. С. 291–295.
36. Карпенко М.П., Чмыхова Е.В. Воспитание в учебном процессе университета, реализующего электронное образование / Актуальные проблемы реализации электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. М.: Изд-во СГУ, 2016. С. 80–91.
37. Карпенко М.П., Чмыхова Е.В., Иванов А.А. Лонгитюдное исследование темповых особенностей когнитивной сферы студентов за период обучения в вузе // Психология обучения. 2009. № 8. С. 21–33.
38. Карпенко М.П., Чмыхова Е.В., Тихомирова И.В., Шляхта Н.Ф. Возрастные изменения темпа усвоения знаний // Труды СГУ. Психология и социология образования. 2000. Вып. 17.
39. Карпенко М.П., Чмыхова Е.В., Шляхта Н.Ф. Образовательная среда и интеллектуальный потенциал образования // Инновации в образовании. 2005. № 4.
40. Карпенко М.П., Чмыхова Е.В., Шляхта Н.Ф. Роль наследственности и образовательной среды в формировании специалиста // Вестник РУДН. Сер. Психология и педагогика. 2006. Т. 4. № 2. С. 77–89.
41. Карпенко М.П. Вигоросность и инновации (человеческий фактор как основа модернизации). М.: Изд-во СГУ, 2011.
42. Картер Р. Как работает мозг. М.: Corpus, 2014.
43. Качалова Л.М., Боголепова С.Ф., Плыплин В.В., Чикин Е.В. Нейрофизиологические механизмы нарушения полного запоминания // Труды СГУ. Психология и социология образования. 2003. № 61.
44. Качалова Л.М., Боголепова С.Ф., Чмыхова Е.В. Нейрофизиологические корреляты темпа усвоения знаний // Тру-

ды СГУ. Психология и социология образования. 2000. Вып. 17. С. 184–190.

45. Качалова Л.М., Логинов В.В. ЭЭГ-маркеры ТУЗ в условиях длительной информационной нагрузки у студентов первого и четвертого курсов // Труды СГУ. 2004. Вып. 78.

46. Качалова Л.М., Попова Н.С., Боголепова С.Ф., Чмыхова Е.В. Прогноз скорости обучения студентов по показателям ЭЭГ: Тезисы докладов XXX Всероссийского совещания по проблемам высшей нервной деятельности, посвященного 150-летию И.П. Павлова (Санкт-Петербург, 13–18 мая 2000 г.). СПб., 2000.

47. Ковальзон В.М. Обучение и сон // Природа. 2009. № 7. С. 3–11.

48. Ковальзон В.М., Логинов В.В., Дорохов В.Б. Восстановительные механизмы головного мозга: Междисциплинарная научно-практическая конференция «Здоровьесберегающие образовательные технологии» (Москва, 25 октября 2007 г.). М. Изд-во СГУ, 2007. С. 114.

49. Когномика / Под ред. М.П. Карпенко. 2-е изд. М.: Изд-во СГУ, 2016.

50. Константинов А. Когнитивная революция и человек будущего: интервью с Б.М. Величковским, 8 февраля 2007 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://polit.ru/article/2007/02/08/velichkovskiy/>

51. Костромина С.Н., Бордовская Н.В., Искра Н.Н. Нейронаука, психология и образование: проблемы и перспективы междисциплинарных исследований // Психологический журнал. 2015. Т. 36. № 4. С. 61–70.

52. Кузенков Н.П., Пак Н.И., Французенко Т.Н. Диагностика свойств интеллекта по временным характеристикам речи человека // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. 2013. Т. 1. № 23. С. 98–102.

53. Лабуцкий А.К. Изучение связи темпа усвоения знаний и особенностей человека: отчет СГИ-07И-24А. М.: СГУ, 2001.

54. Лангмейер Й., Матейчек З. Психическая депривация в детском возрасте. Прага: Авиценум Медицинское издательство, 1984.

55. Латанов А.В., Терещенко Л.В., Коновалова Н.С. Особенности чтения у испытуемых с различным профилем функциональной асимметрии: Материалы IV Международного междисциплинарного конгресса «Нейронаука для медицины и психологии». Судак, 2008. С. 174–175.

56. Линн Р. Расовые различия в интеллекте. Эволюционный анализ. М.: Профит-Стайл, 2010.

57. Логинов В.В. Слуховые вызванные потенциалы при эндогенной депрессии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1990.

58. Марютина Т.М., Мешкова Т.А., Гавриш Н.В. О связи свойств внимания и успеваемости у учащихся вторых классов // Вопросы психологии. 1988. № 3. С. 36–44.

59. Михно О.С., Чмыхова Е.В., Давыдов Д.Г., Качалова Л.М. Проектирование компетентностно-ориентированной образовательной программы по направлению «педагог-психолог» в практике электронного обучения // Психология обучения. 2017. № 8. С. 89–107.

60. Прохоров Е.П. Введение в теорию журналистики. М., 1993.

61. Равен Д. Компетентность в современном обществе. Выявление, развитие и реализация. М., 2002.

62. Равен Д.К., Корт Д.Х., Равен Д. Руководство к Прогрессивным матрицам Равена и словарным шкалам. Раздел 3. Стандартные Прогрессивные Матрицы (включая Параллельные и Плюс версии). М.: Когито-Центр, 2012.

63. Риццоллати Д., Синигалья К. Зеркала в мозге: О механизмах совместного действия и сопереживания. М.: Языки славянских культур, 2012.

64. Роик А.О., Иваницкий Г.А., Иваницкий А.М. Когнитивное пространство человека: совпадение моделей, постро-

енных на основе анализа ритмов мозга и на психометрических измерениях // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2012. Т. 98. № 11. С. 1314–1328.

65. Ротенберг В. Образ «Я» и поведение. Иерусалим: Маханаим, 2000.

66. Ротенберг В.С. Сновидения, гипноз и деятельность мозга. М.: Центр гуманитарной литературы РОН, 2001.

67. Ротенберг В.С., Бондаренко С.М. Мозг. Обучение. Здоровье: кн. для учителя. М.: Просвещение, 1989.

68. Рутман Э.М. Вызванные потенциалы и их использование в психофизиологических исследованиях / Естественно-научные основы психологии / ред. А.А. Смирнова, А.Р. Лурия, В.Д. Небылицына. М.: Педагогика, 1978.

69. Самсонов Н.Б., Чмыхова Е.В., Давыдов Д.Г. Разработка и апробация лингвистической методики оценки когнитивной сложности научно-учебного текста // Психологические исследования. 2015. № 8(41) [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://psystudy.ru>

70. Сигел Д. Внимательный мозг. Научный взгляд на медитацию. М.: Манн, Иванов, Фербер, 2016.

71. Теплов Б.М. Ум полководца / Проблемы индивидуальных различий. М., 1961.

72. Терехин А.Т., Будилова Е.В. Эволюция жизненного цикла: модели, основанные на оптимизации энергии // Журнал общей биологии. 2001. Т. 62. № 4. С. 286–295.

73. Терехин А.Т., Будилова Е.В., Карпенко М.П. Функция Ляпунова как инструмент исследования когнитивных и регуляторных процессов организма // Компьютерные исследования и моделирование. 2009. Т. 1. № 4. С. 449–456.

74. Терехин А.Т., Будилова Е.В., Качалова Л.М., Карпенко М.П. Нейросетевое моделирование когнитивных функций мозга: обзор основных идей // Психологические исследования. 2009. № 4(2) [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://psystudy.ru/index.php/num/2009n2-4/26-terekhin4.html>

75. Тихомирова И.В., Чмыхова Е.В., Шляхта Н.Ф. Изучение фактора возраста при полном усвоении учебного материала (на модели ТУЗ-В) // Труды СГУ. Психология и социология образования. 2002. № 44. С. 35–43.

76. Тихомирова И.В., Чмыхова Е.В., Шляхта Н.Ф. Исследование модели полного усвоения учебной информации // Труды СГУ. Психология и социология образования. 2001. Вып. 25.

77. Тихомирова И.В., Чмыхова Е.В., Шляхта Н.Ф. Стандартизация методики измерения темпа усвоения знаний // Труды СГУ. Психология и социология образования. 2002. Вып. 44.

78. Трейсмэн Э. Объекты и их свойства в зрительном восприятии человека // В мире науки. 1987. № 1. С. 68–78.

79. Усольцева И.В. Проблемы измерения производительности обучения с использованием наглядных средств обучения // Труды СГУ. Психология и социология образования. 2002. Вып. 49.

80. Усольцева И.М. Изучение интеллектуального потенциала России. М., 2006.

81. Ушаков Д.В. Интеллект: структурно-динамическая теория. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2003.

82. Френкс Б. Укрощение больших данных. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014.

83. Хант М. История психологии. М.: АСТ: АСТ МОСКВА, 2009.

84. Харрис Р. Психология массовой коммуникации. СПб.; М.: Еврознак: ОЛМА-пресс, 2002.

85. Холодная М.А. Когнитивные стили. О природе индивидуального ума. СПб.: Питер, 2004.

86. Холодная М.А. Психология интеллекта: парадоксы исследования. СПб.: Питер, 2001.

87. Ценев В. Психология рекламы (реклама, НЛП и 25-й кадр). М.: Бератор, 2003.

88. Чмыхова Е.В. Нейродидактика и роботизированные интеллектуальные системы в образовании: Материалы

Международной научно-практической конференции «Современное образование в Сибири: развитие педагогических технологий от кейса до roweb (Новосибирск, 18 июня 2013 г.). Новосибирск, 2013.

89. Чмыхова Е.В., Давыдов Д.Г. Возможности мониторинга качества жизни студентов: Сб. докладов статей Международной научно-практической конференции «Качество образования, качество человеческого капитала, качество жизни» (Москва, 26 июня 2012 г.). М.: Изд-во СГУ, 2012. С. 255–277.

90. Чмыхова Е.В., Давыдов Д.Г. Динамика интеллектуальных способностей студентов вуза с дистанционной формой обучения (лонгитюдное исследование) // Психология обучения. 2018. № 11. С. 5–18.

91. Чмыхова Е.В., Давыдов Д.Г. Проектирование индивидуальных образовательных траекторий на основе оценки поисковой активности // Инновации в образовании. 2011. № 3. С. 103–115.

92. Чмыхова Е.В., Давыдов Д.Г. Уровень образования как фактор привлекательности партнера противоположного пола // Вопросы психологии. 2013. № 5. С. 44–53.

93. Чмыхова Е.В., Давыдов Д.Г., Лаврова Т.П. Экспериментальное исследование факторов скорости чтения // Психология обучения. 2014. № 9. С. 26–36.

94. Чмыхова Е.В., Давыдов Д.Г., Шевель П.П. Показатели и динамика когнитивных способностей студентов за период обучения в дистанционном вузе // Психология обучения. 2017. № 6. С. 37–47.

95. Чуприкова Н.И. Время реакций и интеллект: Почему они связаны (о дискриминативной способности мозга) // Вопросы психологии. 1995. № 4. С. 65–81.

96. Шабанов П.Д., Лебедев А.А. Дофамин в подкрепление. СПб., 2002.

97. Шадриков В.Д. Способности и интеллект человека. М.: Изд-во СГУ, 2004.

98. Шай К.У. Интеллектуальное развитие у взрослых // Психологический журнал. 1998. Т. 19. № 6. С. 72–88.

99. Шляхта Н.Ф., Тихомирова И.В. Разработка новых показателей процесса усвоения учебных знаний: темп операций классификации // Труды СГУ. 2003. Вып. 61.

100. Шляхта Н.Ф., Тихомирова И.В. Темп усвоения знаний и особенности личности студента // Труды СГУ. 2003. Вып. 53.

101. Aggleton J.P., Brown M.W. Episodic memory, amnesia, and the hippocampal-anterior thalamic axis // Behav Brain Sci. 1999. Vol. 22. No 3. P. 425–444.

102. Ansari D. Effects of development and enculturation on number representation in the brain // Nature Reviews Neuroscience. 2008. Vol. 9. No 4. P. 278–291.

103. Beason-Held L.L., Kraut M.A., Resnick S.M. I. Longitudinal changes in aging brain function // Neurobiol Aging. 2008. Vol. 29. No 4. P. 483–496.

104. Beason-Held L.L., Kraut M.A., Resnick S.M. Temporal patterns of longitudinal change in aging brain function // Neurobiol Aging. 2008. Vol. 29. No 4. P. 497–513.

105. Beins B.C. Teaching measurement through historical sources. // History of Psychology. 2010. Vol. 13. No 1. P. 89–94.

106. Bermudez P., Lerch J.P., Evans A.C., Zatorre R.J. Neuroanatomical correlates of musicianship as revealed by cortical thickness and voxel-based morphometry // Cereb Cortex. 2009. Vol. 19. No 7. P. 1583–1596.

107. Bermudez P., Zatorre R.J. Differences in gray matter between musicians and nonmusicians // Ann N Y Acad Sci. 2005. No 1060. P. 395–399.

108. Berns G.S., Blaine K., Prietula M.J., Pye B.E. Short- and Long-term effects of a novel on connectivity in the brain // Brain Connectivity. 2013. Vol. 3. No 6. P. 590–600.

109. Bezzola L., Merillat S., Gaser C., Jancke L. Training-induced neural plasticity in golf novices // J Neurosci. 2011. Vol. 31. No 35. P. 12444–12448.

110. Binet A., Simon T.A. Method of measuring the development of the intelligence of young children (3rd ed.). Chicago: Medical Book Co. Chicago, 1915.

111. Bloom B.S. All our children learning : a primer for parents, teachers, and other educators. New York; London: McGraw-Hill, 1981.

112. Bogacz R., Brown M.W. Comparison of computational models of familiarity discrimination in the perirhinal cortex // Hippocampus. 2003. Vol. 13. No 4. P. 494–524.

113. Bohbot V.D., Lerch J., Thorndycraft B. et al. Gray matter differences correlate with spontaneous strategies in a human virtual navigation task // Journal of Neuroscience. 2007. Vol. 27. No 38. P. 10078–10083.

114. Bouchard T.J., Heston L., Eckert E. The Minnesota study of twins reared apart: project description and sample results in the developmental domain // Prog Clin Biol Res. 1981. Vol. 69. P. 227–233.

115. Bouchard T.J., Lykken D.T., McGue M. Sources of human psychological differences: the Minnesota Study of Twins Reared Apart // Science. 1990. Vol. 250. No 4978. P. 223–228.

116. Braver T.S., Barch D.M., Keys B.A. Context processing in older adults: evidence for a theory relating cognitive control to neurobiology in healthy aging // J Exp Psychol Gen. 2001. Vol. 130. No 4. P. 746–763.

117. Breznitz Z. Fluency in reading: synchronization of processing. N.J.; L.: Erlbaum Associates, 2006.

118. Bromberg-Martin E.S., Hikosaka O. Midbrain dopamine neurons signal preference for advance information about upcoming rewards // Neuron. 2009. Vol. 63. No 1. P. 119–126.

119. Brown M.W., Aggleton J.P. Recognition memory: what are the roles of the perirhinal cortex and hippocampus? // Nat. Rev. Neurosci. 2001. Vol. 2. No 1. P. 51–61.

120. Bruer J.T. Education and the brain // Educational leadership. 1999. Vol. 56. No 3. P. 14–18.

121. Bruner J.S. In search of mind. N.Y.: Harper & Row, 1983.

122. Carl N. IQ and socio-economic development across local authorities of the UK // *Intelligence*. 2016. No 55. P. 90–94.

123. Carroll J.B. The higher-stratum structure of cognitive abilities: Current evidence supports g and about ten broad factors // *The scientific study of general intelligence : tribute to Arthur R. Jensen*. 2003.

124. Castro-Caldas A., Petersson K.M., Reis A. The illiterate brain. Learning to read and write during childhood influences the functional organization of the adult brain // *Brain*. 1998. Vol. 121 (Pt 6). P. 1053–1063.

125. Cattell R.B. Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment // *Journal of Educational Psychology*. 1963. No 54. P. 1–22.

126. Chmykhova E., Davydov D., Grigoriev A. A Confirmation of Validity of Educational Attainment as a Measure of Intelligence in Different Geographical Areas // *Psychology. Journal of Higher School of Economics*. 2016. Vol. 13. No 4. P. 683–690.

127. Chmykhova E., Davydov D., Lynn R. Dysgenic Fertility in the Russian Federation // *Mankind Quarterly*. 2016. Vol. 57. No 2. P. 269–276.

128. Cohn S.J., Carlson J.S., Jensen A.R. Speed of information processing in academically gifted youths. // *Personality and Individual Differences*. 1985. Vol. 6. No 5. P. 621–629.

129. Cole M. Culture and cognitive science. // *Outlines. Critical Social Studies*. 2003. Vol. 5. No 3. P. 3–15.

130. Dayan E., Cohen L.G. Neuroplasticity subserving motor skill learning // *Neuron*. 2011. Vol. 72. No 3. P. 443–454.

131. Detterman D.K. Education and Intelligence: Pity the Poor Teacher because Student Characteristics are more Significant than Teachers or Schools // *Span. J. Psychol*. 2016. Vol. 19. No E93. P. 1–11.

132. Ditye T., Kanai R., Bahrami B. Rapid changes in brain

structure predict improvements induced by perceptual learning // Neuroimage. 2013. Vol. 81. P. 205–212.

133. Dobrossy M.D., Drapeau E., Aurousseau C.A. Differential effects of learning on neurogenesis: learning increases or decreases the number of newly born cells depending on their birth date // J. Mol. Psychiatry. 2003. Vol. 8. № 12. P. 974–982.

134. Dominguez Duque J.F., Turner R., Lewis E.D., Egan G. Neuroanthropology: a humanistic science for the study of the culturebrain nexus // Social Cognitive Affective Neuroscience. 2010. No 5(2–3). P. 138–147.

135. Drapeau E., Mayo W., Aurousseau C. Brain and Mind // UK Eslevier Science, 1997.

136. Elardo R., Bradley R., Caldwell B. The relation of infants'home enviroments to mental test perfomance from six to thirty-six months: A longitudinal analisis // Child Development. 1975. No 46. P. 71–76.

137. Eysenck H.J., Fulker D.W. The structure and measurement of intelligence. Berlin ; New York: Springer-Verlag, 1979.

138. Faber N.S., Savulescu J., Douglas T. Why is cognitive enhancement deemed unacceptable? The role of fairness, deservingness, and hollow achievements // Frontiers in Psychology. 2016. Vol. 7. No 232.

139. Feuerstein R., Rand J., Hoffman M., Miller R. Instrumental enrichment. An intervention program for cognitive modifiability. Baltimor: Univ. Park Press, 1980.

140. Filippi M., Ceccarelli A., Pagani E. Motor learning in healthy humans is associated to gray matter changes: a tensor-based morphometry study // PLoS One. 2010. Vol. 5. No 4.

141. Flanagan D.P., McGrew K.S., Ortiz S.O. The Wechsler intelligence scales and Gf-Gc theory : a contemporary approach to interpretation. Boston: Allyn and Bacon, 2000.

142. Flynn J.R. Are we getting smarter? Rising IQ in the twenty-first century. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2012.

143. Flynn J.R. Searching for justice: The discovery of IQ gains over time // *American Psychologist*. 1999. Vol. 54. No 1. P. 5–20.

144. Flynn J.R. The mean IQ of Americans: Massive gains 1932 to 1978 // *Psychological Bulletin*. 1984. No 1. P. 29–51.

145. Flynn J.R. What is intelligence? Beyond the Flynn effect (1st expanded pbk. ed.). Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2009.

146. Gardner H. Frames of mind: the theory of multiple intelligences. London: Heinemann, 1984.

147. Gaser C., Schlaug G. Brain structures differ between musicians and non-musicians // *J. Neurosci*. 2003. Vol. 23. No 27. P. 9240–9245.

148. Gazzaniga M.S. Nature's maind: The biological roots of thinking, emotionsm sexuality, language and intelligensce. Harmondsworth: Penguin Books, 1992.

149. Green C.S., Bavelier D. Exercising your brain: a review of human brain plasticity and training-induced learning // *Psychology and Aging*. 2008. Vol. 23. No 4. P. 692–701.

150. Grigoriev A., Ushakov D., Valueva E. Differences in educational attainment, socio-economic variables and geographical location across 79 provinces of the Russian Federation // *Intelligence*. 2016. No 58. P. 14–17.

151. Groussard M., La Joie R., Rauchs G. When music and long-term memory interact: effects of musical expertise on functional and structural plasticity in the hippocampus // *PLoS One*. 2010. Vol. 5. No 10.

152. Gutchess A.H., Welsh R.C., Boduroglu A., Park D.C. Cultural differences in neural function associated with object processing // *Cognitive Affective Behavioral Neuroscience*. 2006. Vol. 6. No 2. P. 102–109.

153. Hanakawa T., Honda M., Okada T., Fukuyama H., Shibasaki H. Neural correlates underlying mental calculation in abacus experts: a functional magnetic resonance imaging study // *Neuroimage*. 2003. Vol. 19. No 2. Pt. 1. P. 296–307.

154. Hartley J.T., Stojack C.C., Mushaney T.J. Reading speed and prose memory in older and younger adults // *Psychology and Aging*. 1994. Vol. 9. No 2. P. 216–223.
155. Hastie R., Park B. The relationship between memory and judgment depends on whether the judgment task is memory-based or on-line // *Psychological Review*. 1986. Vol. 93. No 3. P. 258–268.
156. Helson H. *Adaptation-level theory*. New York: Harper & Row, 1964.
157. Hof P.R., Morrison J.H. The aging brain: morphomolecular senescence of cortical circuits // *Trends Neurosci*. 2004. Vol. 27. No 10. P. 607–613.
158. Hopfield J.J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 1982. Vol. 79. No 8. P. 2554–2558.
159. Horn J.L. Organization of abilities and the development of intelligence // *Psychological Review*. 1968. No 75. P. 242–259.
160. Horn J.L., Cattell R.B. Refinement and test of the theory of fluid and crystallized general intelligences // *Journal of Educational Psychology*. 1966. No 57(5). P. 253–270.
161. Hufner K., Binetti C., Hamilton D.A. Structural and functional plasticity of the hippocampal formation in professional dancers and slackliners // *Hippocampus*. 2011. Vol. 21. No 8. P. 855–865.
162. Hunt E. Intelligence as an information-processing concept // *British Journal of Psychology*. 1980. Vol. 71. No 4. P. 449–474.
163. Hunt E. Issues raised in developing and using a test of intelligence // *Intelligence*. 2009. No 37(1). P. 115–119.
164. Ito M. *Brain and mind: for better understanding of the dynamic function of mind and its supporting brain mechanism*. Amsterdam; Oxford: Elsevier, 1997.
165. Jones K.L., Smith D.W. The fetal alcohol syndrome // *Teratology*. 1975. Vol. 12. No 1. P. 1–10.
166. Kaasinen V., Vilkinen H., Hietala J. Age-related dopamine D2/D3 receptor loss in extrastriatal regions of the human brain // *Neurobiol Aging*. 2000. Vol. 21. No 5. P. 683–688.

167. Keating D.P., Bobbitt B.L. Individual and developmental differences in Cognitive-Processing Components of Mental Ability // *Child Dev.* 1978. Vol. 49. No 1. P. 155–167.
168. Kramer A.F., Bherer L., Colcombe S.J. Environmental influences on cognitive and brain plasticity during aging // *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 2004. Vol. 59. No 9. P. 940–957.
169. Landi S.M., Baguear F., Della-Maggiore V. One week of motor adaptation induces structural changes in primary motor cortex that predict long-term memory one year later // *J. Neurosci.* 2011. Vol. 31. No 33. P. 11808–11813.
170. Lankford A. Mass Shooters in the USA, 1966-2010: Differences Between Attackers Who Live and Die // *Justice Quarterly.* 2015. Vol. 32. No 2. P. 360–379.
171. Leary M.R., Kowalski R.M., Smith L., Phillips S. Teasing, rejection and violence: Case studies of the school shootings // *Aggressive Behavior.* 2003. No 29. P. 202–214.
172. Lee H., Devlin J.T., Shakeshaft C. et al. Anatomical traces of vocabulary acquisition in the adolescent brain // *J. Neurosci.* 2007. Vol. 27. No 5. P. 1184–1189.
173. Liao Y., Shonkoff E.T., Barnett E. Brief report: Examining children's disruptive behavior in the wake of trauma – A two-piece growth curve model before and after a school shooting // *Journal of Adolescence.* 2015. No 44. P. 219–223.
174. Loizzo J. Optimizing learning and quality of life throughout the lifespan // *Annals of the New York Academy of Sciences.* 2009. Vol. 1172. No 1. P. 186–198.
175. Lynn R. *Dysgenics: Genetic deterioration in modern populations*: 2nd ed. London: Ulster Institute for Social Research, 2011.
176. Lynn R., Vanhanen T. *IQ and wealth of nations*. Westport; Connecticut: Praeger Publishers, 2002.
177. Macfarlane J.W., Allen L., Honzik M.P. A developmental study of the behavior problems of normal children between twenty-one months and fourteen years // *Publ. Child. Dev. Univ. Calif.* 1954. No 2. P. 1–222.

178. Mackey A.P., Whitaker K.J., Bunge S.A. Experience-dependent plasticity in white matter microstructure: reasoning training alters structural connectivity // *Front Neuroanat.* 2012. No 6. P. 32.

179. Maguire E.A., Gadian D.G., Johnsrude I.S. Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 2000. Vol. 97. No 8. P. 4398–4403.

180. Maraviki A., Irita A. Tools for the body (schema) // *Trends in Cognitive Sciences.* 2004. Vol. 8. No 2. P. 79–86.

181. Matheny A.P., Wilson R.S., Dolan A.B., Krantz J.Z. Behavioral contrasts in twinships: stability and patterns of differences in childhood // *Child Dev.* 1981. Vol. 52. No 2. P. 579–588.

182. Meeks T.W., Jeste D.V. Neurobiology of wisdom: a literature overview // *Arch Gen Psychiatry.* 2009. Vol. 66. No 4. P. 355–365.

183. Newhagen J.E., Reeves B. The Evening's Bad News: Effects of Compelling Negative Television News Images on Memory // *Journal of Communication.* 1992. Vol. 42. No 2. P. 25–41.

184. Norman K.A., O'Reilly R.C. Modeling hippocampal and neocortical contributions to recognition memory: a complementary-learning-systems approach // *Psychol. Rev.* 2003. Vol. 110. No 4. P. 611–646.

185. Northoff G. Humans, brains, and their environment: marriage between neuroscience and anthropology? // *Neuron.* 2010. Vol. 65. No 6. P. 748–751.

186. Olney J.W., Young C., Wozniak D.F. Anesthesia-induced developmental neuroapoptosis. Does it happen in humans? // *Anesthesiology.* 2004. Vol. 101. No 2. P. 273–275.

187. Olney J.W., Young C., Wozniak D.F. Do pediatric drugs cause developing neurons to commit suicide? // *Trends Pharmacol. Sci.* 2004. Vol. 25. No 3. P. 135–139.

188. O'Reilly R.C., Munakata Y. Computational Neuroscience and cognitive modeling // *Encyclopedia of Cognitive Sciences.* London: Macmillan, 2003.

189. Paloma F.G., Fragnito V. The Neurodidactic mind and body between pedagogy and neurosciences // Research on Education and Media. 2013. Vol. 5. No 2. P. 107–121.

190. Papp K.V., Walsh S.J., Snyder P.J. Immediate and delayed effects of cognitive interventions in healthy elderly: a review of current literature and future directions // *Alzheimers Dement.* 2009. Vol. 5. No 1. P. 50–60.

191. Park D.C., Reuter-Lorenz P. The adaptive brain: aging and neurocognitive scaffolding // *Annu. Rev. Psychol.* 2009. Vol. 60. P. 173–196.

192. Pietschnig J., Voracek M. One century of global IQ gains: a formal meta-analysis of the flynn effect (1909–2013) // *Perspect. Psychol. Sci.* 2015. No 10. P. 282–306.

193. Polk T.A., Farah M. Late experience alters vision // *Nature Reviews Neuroscience.* 1995. No 376. P. 648–649.

194. Polk T.A., Stallcup M., Aguirre G.K. Neural specialization for letter recognition. // *Journal of Cognitive Neuroscience.* 2002. Vol. 14. No 2. P. 145–159.

195. Project on the decade of the brain [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.loc.gov/loc/brain/>

196. Ressel V., Pallier C., Ventura-Campos N. An effect of bilingualism on the auditory cortex. // *J Neurosci.* 2012. Vol. 32. No 47. P. 16597–16601.

197. Richardson K. What IQ tests test // *Theory & Psychology.* 2002. Vol. 12. No 3. P. 283–314.

198. Rindermann H., Becker D. Flynn-effect and economic growth: Do national increases in intelligence lead to increases in GDP? // *Intelligence.* 2018. No 69. P. 87–93.

199. Rose H., Rose S. Neuroscience's grand project. Prospect, 2013 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.prospectmagazine.co.uk/science-and-technology/neuroscience-human-brain-project-hilary-steven-rose>

200. Rose S. The Marking of Memory: From Molecules to Mind. London: Bantam Presd, 1993.

201. Salthouse T. A. When does age-related cognitive decline begin? // *Neurobiology of Aging*. 2009. No 30(4). P. 507–514.

202. Saltman K.J. *SMART DRUGS Corporate Profit and Corporeal Control*. Abingdon: Routledge, 2017.

203. Schaie K.W. *Developmental influences on adult intelligence: the Seattle longitudinal study*. Oxford: Oxford University Press, 2005.

204. Scheske C., Schnall S. The Ethics of «Smart Drugs»: Moral judgments about healthy people's use of cognitive-enhancing drugs // *Basic and applied social psychology*. 2012. Vol. 34. No 6. P. 508–515.

205. Schneider W., Shiffrin R.M. Controlled and automatic human information processing. 1. Detection, search, and attention // *Psychological Review*. 1977. Vol. 84. No 1. P. 1–66.

206. Schneider W.J., McGrew K.S. The Cattell-Horn-Carroll model of intelligence // *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues*. 3rd ed. N.Y: Guilford, 2012. P. 99–144.

207. Sheppard L.D., Vernon P.A. Intelligence and speed of information-processing: A review of 50 years of research // *Personality and Individual Differences*. 2008. Vol. 44. No 3. P. 535–551.

208. Skeels H.M. Adult status of children with contrasting early life experiences: a follow-up study. U. of Chicago Pr., for the Society for Research in Child Development, 1966.

209. Spreng R.N., Wojtowicz M., Grady C.L. Reliable differences in brain activity between young and old adults: a quantitative meta-analysis across multiple cognitive domains // *Neurosci. Biobehav. Rev*. 2010. Vol. 34. No 8. P. 1178–1194.

210. Standing L. Learning 10000 pictures // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 1973. Vol. 25. No 2. P. 207–222.

211. Sternberg R.J. *Encyclopedia of human intelligence*. New York: Macmillan; Oxford: Maxwell Macmillan International, 1994.

212. Sternberg R.J. Inside Intelligence // *Amer. Scientist*. 1986. Vol. 74. No 2. P. 137–143.

213. Storfer M.D. Intelligence and giftedness: the contributions of heredity and early environment (1st ed.). San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1990.

214. Takeuchi H., Taki Y., Sassa Y. Working memory training using mental calculation impacts regional gray matter of the frontal and parietal regions. // PLoS One. 2011. Vol. 6. No 8. P. 123–175.

215. Taubert M., Draganski B., Anwander A. Dynamic properties of human brain structure: learning-related changes in cortical areas and associated fiber connections // J Neurosci. 2010. Vol. 30. No 35. P. 11670–11677.

216. Understanding the brain: The birth of a learning science. Paris: OECD Publishing, 2007.

217. Understanding the brain: towards a new learning science. Paris: OECD Publishing, 2002.

218. Woollett K., Maguire E.A. Acquiring «the Knowledge» of London's layout drives structural brain changes // Curr. Biol. 2011. Vol. 21. No 24. P. 2109–2114.

219. Wozniak D.F., Hartman R.E., Boyle M.P. Apoptotic neurodegeneration induced by ethanol in neonatal mice is associated with profound learning/memory deficits in juveniles followed by progressive functional recovery in adults // Neurobiol Dis. 2004. Vol. 17. No 3. P. 403–414.

220. Golestani N., Price C. J. Scott S. K. Born with an ear for dialects? Structural plasticity in the expert phonetician brain // The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience. 2011. Vol. 31. No P. 11. 4213–4220.

221. Luders E., Toga A.W., Lepore N., Gaser C. The underlying anatomical correlates of long-term meditation: larger hippocampal and frontal volumes of gray matter // NeuroImage. 2009. Vol.45. No 3. P. 672–678.

222. Tang Y.Y., Lu Q., Geng X., Stein E.A., Yang Y., Posner M.I. Short-term meditation induces white matter changes in the anterior cingulate // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2010. Vol. 107. No 35. P. 15649–15652.

## **Нейродидактика**

Михаил Петрович Карпенко  
Денис Геннадиевич Давыдов  
Екатерина Витальевна Чмыхова  
Лариса Михайловна Качалова  
Виктор Владимирович Логинов

*Монография*

Под ред. М.П. Карпенко

Редактор И.В. Проскурякова  
Оператор компьютерной верстки И.Ю. Маслова  
Дизайн обложки Л.П. Фоменко

Подписано в печать 26.07.19 Формат 60х90/16

Усл. печ. л. 17,75

Тираж 500 экз. Заказ

0000.043.633.19/09.13

Издательство Современного гуманитарного университета

109029, Москва, ул. Нижегородская, д. 32,

корпус 4, комн. 114

Тел./факс: (495) 926-83-08

E-mail: pr@muh.ru

Отпечатано в ГУП МО «Коломенская типография».

140400, г. Коломна, ул. III Интернационала, д. 2а.

ИНН 5022013940. Тел.: 8(496) 618-69-33, 8(496) 618-60-16