

Мир науки. Педагогика и психология / World of Science. Pedagogy and psychology <https://mir-nauki.com>

2024, Том 12, № 1 / 2024, Vol. 12, Iss. 1 <https://mir-nauki.com/issue-1-2024.html>

URL статьи: <https://mir-nauki.com/PDF/07PSMN124.pdf>

5.3.1. Общая психология, психология личности, история психологии (психологические науки)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Каткова, Е. Н. Нейропсихологические механизмы комбинаторных способностей человека / Е. Н. Каткова // Мир науки. Педагогика и психология. — 2024. — Т. 12. — № 1. — URL: <https://mir-nauki.com/PDF/07PSMN124.pdf>

**For citation:**

Katkova E.N. Neuropsychological mechanisms of human combinatorial abilities. *World of Science. Pedagogy and psychology*. 2024; 12(1): 07PSMN124. Available at: <https://mir-nauki.com/PDF/07PSMN124.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 159.99

**Каткова Елена Николаевна<sup>1</sup>**

ФГБОУ ВО «Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет», Комсомольск-на-Амуре, Россия

Институт педагогики и психологии

Доцент кафедры «Психологии образования»

Кандидат психологических наук, доцент

E-mail: [elenakatkova@mail.ru](mailto:elenakatkova@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9299-1646>

РИНЦ: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=595601](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=595601)

## Нейропсихологические механизмы комбинаторных способностей человека

**Аннотация.** В статье автором предпринята попытка описать феномен общих комбинаторных способностей человека с точки зрения нейропсихологических механизмов психики. Компаративный анализ и метод обобщения показали, что натуральная природа комбинаторных способностей может быть описана с точки зрения теории когнитивного резерва как потенциальные комбинаторные способности человека. Выделены «комбинаторные способности нейронов», они выполняют роль обработки информации, поступающую от сенсорных систем; стимулируют активность нейронов комбинировать информацию; формируют сложные связи и активацию между различными нейронными группами. Опираясь на теорию когнитивного резерва Я. Стерна, теорию системной и динамической локализации функций А.Р. Лурии и общепсихологическую теорию деятельности С.Л. Рубинштейна и А.Н. Леонтьева, можно утверждать, что когнитивные функции деятельности психики основаны на процессах комбинирования. Соответственно гипотетически можно измерить природный потенциал комбинаторных способностей с помощью анализа морфологических характеристик мозговых структур и внутренних/внешних факторов, стимулирующих комбинаторную активность высокоорганизованной материи. Комбинаторные способности на нейробиологическом и нейропсихологическом уровнях являются высвобожденной кинетической психической энергией под влиянием внешних факторов социализации в процессе онтогенеза. Комбинаторные свойства нейронных структур реализуются на основе механизмов нейропластичности, нейрорепарации и интеграции межполушарных отношений. За комбинаторные способности отвечают дорсальный латеральный префронтальный кортекс, апостериорная париетальная кора, лобные доли головного мозга. Благодаря комбинаторным способностям нейронов, создаются сложные сети активации, которые определяют конечный

<sup>1</sup> [https://vk.com/katkova\\_e](https://vk.com/katkova_e)

продукт нейрональной деятельности. Нейронаука изучает комбинаторные способности с помощью различных методов: функциональная магнитно-резонансная томография (fMRI), электроэнцефалография (ЭЭГ) и магнитоэнцефалография (МЭГ). Эти методы позволяют наблюдать активность мозга в реальном времени при выполнении задач, связанных с комбинаторными способностями.

**Ключевые слова:** комбинаторные способности; нейропсихология; комбинирование; нейроны; когнитивный резерв; психическая энергия; мозг; психика; нейропластичность; интеллект

### Постановка проблемы исследования

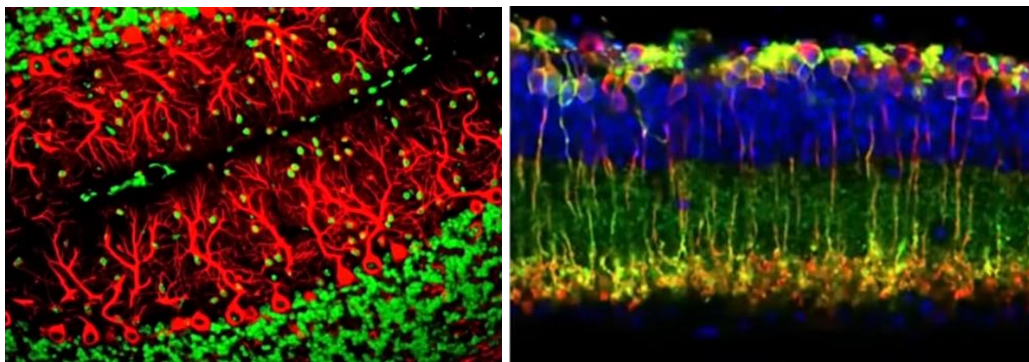
Научные проблемы нейропсихологии традиционно затрагивают один из основных вопросов — сочетание биологического и социального факторов в развитии человека, их влияние на формирование личности и на развитие её способностей. Современная нейропсихология характеризуется нейробиологической центрированностью. В философском смысле похоже мы переживаем волну натуралистического редукционизма. Нейроповорот скорее связан с предчувствием и ожиданием революционных изменений в мире в области научно-технического прогресса. Современная нейропсихология способностей нуждается не только в усилении интеграционных процессов с нейронауками в решении ряда общих фундаментальных вопросов: мозг и психика, принципы структурной и функциональной организации мозга, мозговые основы психических процессов, а также в уточнении классических положений отечественной и зарубежной психологической науки в связи с новыми тенденциями [1]. В рамках нашего исследования мы придерживаемся отечественных методологических оснований в описании природы способностей человека. В отечественной психологии при рассмотрении стадий развития способностей традиционно вначале выделяют задатки как врожденную анатомо-физиологическую структуру нервной системы (Б.М. Теплов, С.Л. Рубинштейн, В.Н. Дружинин, В.А. Крутецкий, В.Д. Шадриков и др.). Основоположник феноменологии способностей Б.М. Теплов выделяет два вида задатков: врожденные (наследственные) и приобретённые (социальные) [2].

При рождении у человека появляется возможность стать человеком, но будет ли он человеком в итоге, это большой вопрос. Задатки являются материалом человеческого существования, это ткань, на основе которой формируется человек, а каким станет человек — зависит от истории его жизни. Задатки — это абсолютная пластичность. С таким подходом мы можем говорить о том, что человек представляет собой сгусток природного материала, который может взять на себя воздействие среды, целенаправленного обучения, может формироваться под влиянием этих воздействий, и стать человеком. При этом нельзя представлять этот процесс так, как будто другой человек лепит из этого материала другого человека, он только оказывает воздействие, а внутри человека существует ещё компонент внутреннего саморазвития. Сам нейробиологический материал дает природа. Среда существенно влияет на развитие человека, однако человек в каждой точке своего развития выбирает свой путь сам, и только от человека зависит сможет ли он воспользоваться шансом, который дает ему природа. Понятие «врожденность» в настоящее время является дискуссионным, пока нет единого мнения, что можно понимать под «врожденностью»: только генетика, или генетика вместе с внутриутробным развитием ребенка, так как образ жизни матери уже влияет на качество активизации генетического аппарата плода.

В свое время Леонтьев А.Н. акцентировал внимание на применение понятийного аппарата психологии способностей с точки зрения русского языка. Обычно под словом «способность» понимают готовность человека к выполнению какой-либо деятельности

(способность трудиться, способность к подвигу и пр.), в данном случае мы имеем дело с подменой понятий, и скорее речь идёт о некой «компетентности» человека в деятельности [3]. Такая же проблема возникает в описании «способностей головного мозга», подобным же образом происходит подмена понятий, и скорее всего имеются ввиду нейропсихологические механизмы психики, «натуральные способности». «Способности» в классическом понимании являются структурным компонентом личности и интегрируют в себе индивидуальные, личностные и индивидуальные характеристики человека, определяющие эффективность совершаемой деятельности.

Для обеспечения высших психических функций требуются огромные природные вычислительные мощности, которые образуют сложнейшую нейронную сеть (2,8 млн км), например, у плода человека первой формируется нервная система, нейроны образуются со скоростью от 500 000 в минуту до 30 млн в час (рис. 1). При этом социальное влияние также определяет качество нейронной сети, исследования показывают [4], что обучение меняет мозг человека: увеличивается плотность и качество нейронной сети и окружающей её глиальной среды; происходит рост количества дендритов и аксонов, обеспечивающих внутримозговые связи; увеличивается величина нервных волокон за счет интенсивной миелинизации; растёт эффективность серого и белого вещества. Человек научается выносить за пределы мозга свои знания и, развивая эту способность, он развивает и свой мозг.



*Рисунок 1. Фото активной нейронной сети  
головного мозга человека (Атлас анатомии головного мозга<sup>2</sup>)*

Нейронная сеть под воздействием социальной среды образует в человеке «сознание как способность», и только благодаря сознанию, по утверждению К.Р. Поппера, «...человек обретает ... способность изобретать что-то в своем воображении и таким путём строить совершенно новый мир» [5, с. 833]. В этом и состоит присущая исключительно сознанию интенциональная смыслообразующая функция, несводимая к любым формам адаптивной активности мозга. Мозг некорректно определять как сумму миллиардов нейронов и их связей, у нас есть индивидуальный опыт, который сформировал этот инструмент — наш мозг — и настроил его. Например, восприятие как чувственный опыт, есть активное извлечение знаний и конструирование мира. Зинченко В.П. [6] в своё время указывал на то, что внешний мир человека строится изнутри, а Н.А. Бердяев [7] говорил о человеке как о микрокосмосе и макрокосмосе, существование живого проявляет себя через человека; известна также цитата В.Ф. Войно-Ясенецкого (священника и хирурга): «Бога я действительно не видел... Но я много оперировал на мозге и, открывая черепную коробку, никогда не видел там также и ума. И совести там тоже не находил. Значит ли это, что их нет?» [8, с. 239]. Нашу мысль можно резюмировать словами И.М. Сеченова: «Мозг есть ... такой механизм, который, будучи

<sup>2</sup> Томас, А.В. Атлас анатомии головного мозга / А.В. Томас, Дж. Ханауэй, М.Х. Гадо. — Москва: Изд-во Панфилова, 2020. — 200 с.

приведён какими ни на есть причинами в движение, даёт в окончательном результате тот ряд внешних явлений, которыми характеризуется психическая деятельность» [9, с. 74].

Таким образом, нейропсихологический контекст проблемы исследования имеет дело с «комбинациями», «конструированием», «соединением», «сочетанием» и прочими нейромеханизмами мозга, которые мы, собственно, можем обозначить общим понятием «комбининг», характеризующий процессуальные механизмы комбинаторных способностей человека на уровне задатков. «Комбининг» в нашей авторской интерпретации выполняет задачу сонстройки (соединения) биологических и социальных систем, происходит совмещение природных нейромеханизмов психики с развитием новых функциональных структур под воздействием среды, и выступает в качестве задатков комбинаторных способностей человека.

Целью нашего исследования явилось теоретическое осмысление и описание биологических механизмов (задатков) комбинаторных способностей человека в системе нейропсихологических оснований. Методами нашего теоретического исследования явились компаративный анализ и метод обобщения. Мы исходили из того, что в структуру общих комбинаторных способностей входят две составляющие: (а) врожденные природные (натуральные) структуры и (б) структуры, отвечающие за развитие социально-психологических комбинаторных способностей в процессе социализации личности. Влияние социализации на формирование и развитие комбинаторных способностей было изучено нами ранее в русле прикладного исследования [10], однако для теоретического обоснования общепсихологической теории комбинаторных способностей требуют уточнения внутренние механизмы природных комбинаторных способностей. В своей работе мы делаем акцент на том, что мозг и психика изначально обладают способностью комбинировать за счет определенных функционально-генетических свойств и механизмов [11].

Мы видим, как нейронауки привносят значительный вклад в понимание того, как функционируют комбинаторные способности в структурах человеческого мозга. Однако в зарубежной и отечественной науке существуют различные методологические подходы к объяснению природы комбинаторики нейропсихологических процессов головного мозга. В современной нейронауке приоритетные позиции занимают зарубежные ученые (Ф. Крик, К. Лашли, Дж. Экклс, Р. Леви-Монтальчини, Д. Хабб и др.), которые внесли вклад в понимание «комбинаторики мозга», а именно как нейроны комбинируют и обрабатывают информацию в структурах головного мозга. Их исследования помогли расширить представления о том, как нейроны формируют связи и создают сложные сети активации, что в конечном итоге позволяет нам лучше понять механизмы мышления, восприятия и поведения человека.

К примеру, Ф. Крик в области молекулярной биологии фактически изучал комбинаторные механизмы в системе ДНК человека, и совместно с Дж. Уотсоном открыл структуру ДНК. Можно выделить несколько значимых книг Ф. Крика для философского понимания комбинаторных механизмов психики: «Жизнь: незаконченный эксперимент» («Life: The Unfinished Experiment»), в которой автор размышляет о фундаментальных вопросах жизни, эволюции и будущего развития человечества; «О молекулах и людях» («Of Molecules and Men») — в этой работе он рассматривает влияние научных открытий на развитие человеческой цивилизации; «Необычная гипотеза: научный поиск души» (The Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul) — здесь автор обсуждает возможности нейробиологии и механизмы связей между мозгом и сознанием [12].

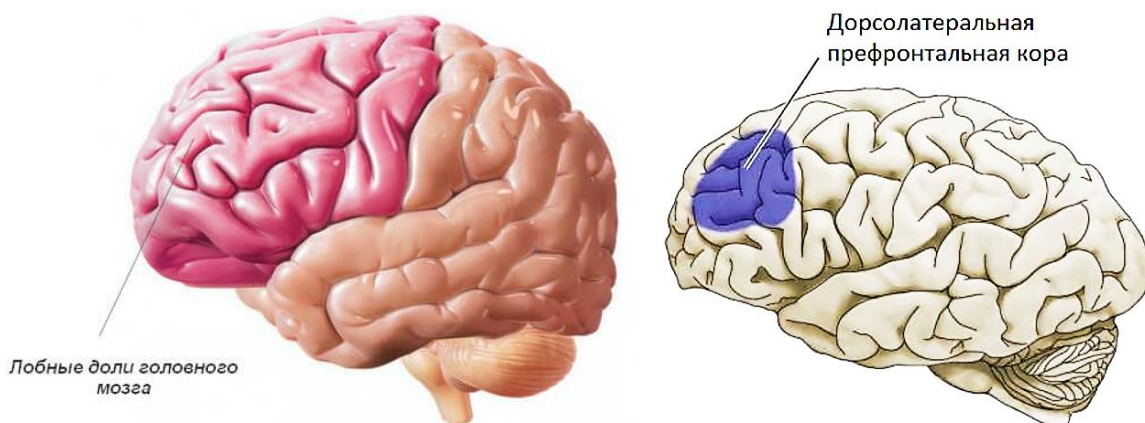
Нейробиолог К.С. Лашли занимался вопросами исследования мозга, памяти и развития нервной системы, а также изучал амнезию, принципы обучения и запоминания. Лашли К.С. провозгласил два принципа: (1) действие массы (активность мозга определяется функционированием этого органа как целого); (2) эквипотенциальность (каждая часть мозга

способна выполнять любую задачу, а значит в нем нет никакой психической специализации). Идеи К.С. Лашли хорошо вписываются в теорию бихевиоризма [13]. Экклс Дж. был нейрофизиологом, изучал функции нейронов и их роль в передаче импульсов в нервной системе, вместе с К. Прибрамом и Я. Ван Десеном исследовал связь между нейронами, которая происходит на химическом уровне с помощью нейромедиаторов. Нейробиолог Р. Леви-Монтальчини изучала развитие нервной системы и открыла нервный ростовой фактор, что привело к значительным открытиям в понимании процессов роста и дифференцировки нервных клеток [14].

На современном этапе развития науки появилось относительно новое понятие «комбинаторные способности нейронов». Их роль в обработке информации изучаются в области нейропсихологии и нейробиологии. Современная нейронаука изучает комбинаторные способности, а также другие когнитивные процессы с помощью методов функциональной магнитно-резонансной томографии (fMRI), электроэнцефалографии (ЭЭГ) и магнитоэнцефалографии (МЭГ). Эти методы позволяют наблюдать активность мозга в реальном времени при выполнении задач, связанных с комбинаторными способностями. Кроме того, нейронаука использует знания о структуре и функционировании нейронов и синапсов для понимания того, как мозг обрабатывает информацию, связанную с комбинаторными процессами. В целом, нейронаучные исследования позволяют углубленно понять, какие области мозга участвуют в комбинаторных задачах и какие нейрональные механизмы обеспечивают комбинаторные способности человека [15].

### Структура нейробиологических и нейропсихологических механизмов комбинаторных способностей человека

В решении комбинаторных задач принимают участие следующие области мозга: дорсальный латеральный префронтальный кортекс, апостериорная париетальная кора и лобные доли (рис. 2). Активация данных отделов головного мозга свидетельствует о том, что они играют важную роль в обработке информации, связанных с комбинированием, а также являются ключевыми при выполнении комбинаторных задач, связанных с планированием, принятием решений и выполнением последовательных действий. Исследования с использованием функциональной магнитно-резонансной томографии (fMRI) подтверждают, что данные области мозга активизируются при решении задач, связанных с комбинаторным мышлением и воображением [16].



**Рисунок 2.** Участки головного мозга, отвечающие за решение комбинаторных задач: префронтальная зона, лобные доли головного мозга (Атлас анатомии головного мозга<sup>2</sup>)

Информация об окружающем мире поступает в мозг человека через различные сенсорные системы: зрение, слух, обоняние, вкус, осязание и другие. Каждая из этих систем обрабатывает разные аспекты окружающей среды и передает соответствующую информацию нейронам в мозг. Нейроны через своё взаимодействие и комбинаторные способности могут создавать сложные сети активации, которые обеспечивают обработку информации и формирование конечных продуктов. В основе этого процесса лежит комбинирование различных стимулов и информационных входов, которые усиливают или подавляют активность нейронов. Когда нейрон получает электрический импульс от других нейронов, этот сигнал интегрируется с другими входами, что позволяет формировать разнообразные комбинации активации внутри нейрона. Это позволяет создавать уникальные шаблоны активации, которые влияют на дальнейшую передачу сигналов и обработку информации в мозге.

Механизм комбинаторики в мозге представляет собой сложную сеть взаимодействия между миллиардами нейронов. Каждый нейрон может быть связан с большим количеством других нейронов, что создает огромное количество вариантов комбинаций активации. Этот механизм дает возможность мозгу обрабатывать информацию, создавать представления и осуществлять сложные когнитивные функции.

Так называемые «комбинаторные способности нейронов или комбининг» играют ключевую роль в обработке сенсорной информации, поступающие данные стимулируют нейроны комбинировать информацию, формируя сложные связи и активацию между различными нейронными группами. Это позволяет человеку создавать представление об окружающем мире, формировать мнемические процессы, принимать решения и реагировать на изменения в среде. Таким образом, благодаря комбинаторным способностям нейронов, создаются сложные сети активации, которые определяют конечный продукт нейрональной деятельности, такие как мысли, чувства, движения и другие функции организма.

Одним из авторов, который изучал отделы мозга, отвечающим за комбинаторные способности, является Эд. де Боно. В своих работах он занимался изучением креативности, механизмов мышления и развития новаторских подходов к решению проблем. Он предложил концепцию «шести шляп мышления» через решение серии комбинаторных задач, которая помогает анализировать проблемы и принимать решение с разных точек зрения. Идея Эд. Де Боно представляет собой «...шесть разных способов мышления, каждый из которых представлен шляпой определенного цвета: «белая шляпа» — шляпа фактов, отвечает за аналитическое мышление; за эмоциональное мышление отвечает «красная шляпа» — шляпа эмоций; «желтая шляпа» — шляпа оптимиста, отвечает за оптимистическое, позитивное мышление; за критическое мышление отвечает «черная шляпа» — шляпа критика; «зеленая шляпа» — шляпа творчества, отвечает за творческое, креативное мышление; за философское мышление отвечает «синяя шляпа» — шляпа мудреца. «Цель метода шести шляп состоит в том, чтобы разложить наше мышление на составные части, выделить в нем шесть основных типов, предоставляя тем самым человеку возможность в каждый конкретный момент времени обращаться к одному сознательно выбранному типу мышления, а не использовать их одновременно» [17, с. 237]. Каждая «шляпа мышления» обозначает определенную позицию, взгляд на какую-либо проблему. Участник игры в шляпы комбинирует для себя одновременно различные реальности.

Другим исследователем, занимавшимся изучением отделов мозга, отвечающих за комбинаторные способности, является А. Дамазо. Он изучал взаимосвязь между эмоциями, принятием решений и работой различных частей мозга, что внесло вклад в развитие теории комбинаторных способностей. Автор проводил исследования с использованием нейроимиджинга, психологических тестов и клинических наблюдений для определения

областей мозга, ответственных за комбинаторное мышление. Его исследования сфокусированы на анализе связей между мозгом и поведением, а также на изучении анатомии и функций мозга. Он также работал над исследованиями нейробиологии эмоций, влияния поражений мозга на психическое состояние, исследованием механизмов принятия решений и формирования эмоциональных реакций. В своих трудах А. Дамазио представил новые идеи о взаимодействии между мозгом и эмоциями, а также о влиянии эмоций на мышление и принятие решений [16].

Шипкова К.М., Булыгина В.Г. в своем исследовании анализируют подходы к пониманию деятельности высших корковых функций мозга человека. В зарубежной традиции доминирует модулярная теория, которая возникла в области нейробиологии и получила дальнейшее развитие в рамках когнитивной психологии, а в отечественной нейропсихологии ведущую роль играет теория системной и динамической локализации когнитивных функций [18].

Модулярная теория Дж. Маунткласла [19] по своей сути является кибернетической моделью функционирования неокортекса и представлена автором в виде иерархической уровневой переработки входной информации в мозге. Функциональной единицей работы мозга рассматривается так называемый нейронный модуль — локальная нервная цепь, проводящая обработку входной информации по определенному свойству. Модуль, будучи констелляцией нейронов новой коры, обладает множеством входящих и исходящих нервных связей, включая корково-подкорковые и межполушарные. Внутри модуля существует тонко дифференцированная сегрегация нейронов в отношении обработки качественных характеристик релевантного вида стимула. Каждый модуль может быть элементом нескольких распределенных систем. Распределенную систему характеризует избыточность потенциальных командных точек, выбор которых определяется тем, какая часть (модуль) системы обладает самой нужной в текущий момент информацией. Свойство распределенной системы состоит в том, что сложная функция, управляемая ею, не локализуется ни в одной из ее частей. На психологическом уровне работа модуля выражается в его возможности выполнять только определенный набор операций, а информация, доступная когнитивному процессу в целом, для него закрыта, если он не инкапсулирован в эту систему. Таким образом, модулярной теорией постулируются два принципа мозговой организации: функциональная сегрегация и интеграция.

В отечественной психологии на современном этапе формируется интегративный подход к изучению нервной системы человека в области фундаментальных и клинических научных дисциплин, который был основан в свое время В.М. Бехтеревым и получивший современное название «нейронауки». Преемственность научных идей В.М. Бехтерева прослеживается в теории функциональных систем П.К. Анохина о структурно-функциональной организации головного мозга, в теории системной и динамической локализации функций А.Р. Лурии, а также в общепсихологической теории деятельности С.Л. Рубинштейна и А.Н. Леонтьева [20].

В отечественной нейропсихологии ведущую роль выполняют работы А.Р. Лурии [21]. В его теории функциональной единицей мозга выступает не нейронный модуль, а фактор. Нейроны области мозга, обеспечивающей определенный, отдельно взятый фактор, в отличие от нейронов модуля, выполняют однородную функцию и имеют однопорядковые связи с другими отделами неокортекса. Повреждение фактора может привести к его нарушению или угнетению. Между факторами существует как горизонтальная, так и вертикальная иерархия. При этом следует добавить, что в представленной факторной иерархии главное внимание уделено левополушарным факторам.

Позднее Л.С. Цветкова [22] дополнила идеи А.Р. Лурии и предложила уровневую структуру организации фактора, в котором мозговая архитектура фактора рассматривается с точки зрения корково-подкорковой структуры, и проявляется она в разных симптомах, зависимости от уровня локализации или поражения. В качестве примера можно привести

симптом персевераций. Мозговая структура обладает комбинаторностью, которая проявляется в «живом» процессе, что, в сущности, и является комбинацией путей протекания, развития и восстановления психических функций. Однако эта динамическая смена стратегий не происходит самопроизвольно, а, напротив, индуцируется специальным подходом к организации определённых условий для жизнедеятельности человека.

В нейропсихологии по сравнению с нейробиологией слабо изучена роль проводящих путей, через них идет нейронная трансформационная трансмиссия, поэтому они являются показателем нормативности протекания нервных процессов в головном мозге. С возрастом в мозговых структурах идет изменение объема нейронной массы как на корковом (префронтальная область), так на подкорковом уровне, при этом когнитивное угасание связано не с потерей самих нейронов, а с потерей их синапсов и нейронных связей, таким образом старение мозга характеризуется опережающим темпом атрофии объема и массы белого вещества мозга по сравнению с серым веществом. Данный механизм указывает на значимость развития комбинаторных способностей человека на ранних этапах онтогенеза с целью активации и развития синаптических и нейронных связей, а на поздних этапах онтогенеза — поддержания нейронных связей и профилактики угасания их синапсов [23].

Комбинаторные задачи от простого к сложному фактически могут выполнять роль нейрорепаляции. Нейрорепаляция предполагает процесс восстановления нервных клеток и связей после повреждения мозга или нервной системы. Обогащенная сенсорными стимулами среда влияет на увеличение массы мозга и развитие структур лимбической системы, имеющих отношение к обучению, памяти и, соответственно, стимулирующих процесс формирования, развития и восстановления [24].

С другой стороны, комбинаторные способности относятся к способности мозга объединять различные элементы в новые комбинации и использовать их для решения задач. Существует гипотеза о том, что нейрорепаляция может быть связана с улучшением комбинаторных способностей. Если мозг может успешно восстанавливать поврежденные области и связи, это может способствовать формированию новых путей для комбинирования информации и использования ее для выполнения различных задач повышенной сложности. Таким образом мы наблюдаем двусторонний процесс развития комбинаторных способностей в системе нейропсихологических процессов. Однако точные механизмы этой связи требуют дальнейших исследований для полного понимания.

На наш взгляд концепция когнитивного резерва Я. Стерна [25] позволяет раскрыть взаимосвязь нейропсихологических и нейробиологических закономерностей функционирования когнитивных функций, основанных на комбинировании. В основе когнитивного функционирования лежат базовые когнитивные навыки (способности), так в исследовании Ереминой Д.А., Сидоровской Ю.М. на основе концепции когнитивного резерва отмечается, что когнитивный статус положительно коррелирует с положительными поведенческими копинг-стратегиями (анализ ситуации и планирование собственных действий на основе объективных факторов, также принятие ответственности за собственные действия и поступки в сложившейся ситуации [26]). Таким образом, мы можем говорить о том, что уровень когнитивного функционирования влияет на качество решения человеком комбинаторных задач и их результативность.

В теории когнитивного резерва рассматривается понятие «мозговой резерв», который является физиологической основой когнитивного резерва и измеряется индивидуальными показателями мозговой морфометрии (объем, масса мозга, синаптическая разветвленность нейронных связей, степень развитости отдельных мозговых структур и пр.), при этом накопление человеком опыта и знаний в когнитивном резерве из количественных факторов постепенно трансформируются в качественный и оказывает встречное влияние на структурно-



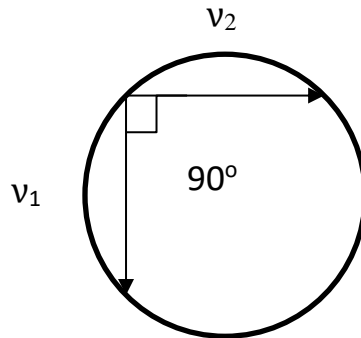
морфологические показатели мозга. Сингх-Ману А. и др. отмечают, что состояние когнитивных функций являются показателем общей целостности организма и мозговых структур [27]. Если говорить о физиологических процессах, осуществляющих механизмы нейронной реализации когнитивного резерва, то, по мнению Я. Стерна, они будут представлены такими понятиями, как нейронный резерв (закрывающий в себе те нейронные сети, которые образовались у человека в течение жизни и которые он активно использует) и нейронная компенсация (когда создается необходимость использования дополнительных компенсаторных сетей для выполнения различных задач) [28].

Базисная сеть когнитивного резерва, по мнению Я. Стерна и др., преимущественно определяется наиболее высокой активацией в мозжечке, медиальной лобной и верхней височной извилинах, что позволяет говорить о том, что у людей с высоким уровнем когнитивного резерва повышена регуляция процессов координации движений и система прогнозирования ошибок, влияющих на повышение уровня концентрации на поставленной задаче, увеличивающих вероятность ее эффективного решения [29].

Когнитивный резерв связан с явлением нейропластики: опыт изменяет функцию мозга, его структуру и складывается из комбинации наследственности и жизненного опыта (Ш. Кеслер) [30]. Процесс комбинирования является проводником (фасилитатором) между нейробиологическими и нейропсихологическими уровнями структурами мозга, где проявляется сочетание и взаимодействие, казалось бы, несочетаемых процессов и элементов, фактически способствует выходу за рамки директивного управления, и создает управляемую самоорганизующуюся систему психики. Комбинаторность как свойство жизнедеятельности мозга фактически создает сам когнитивный резерв, который характеризуется способностью человеческого мозга к созданию новых нервных проводников, а также нервных соединений любого рода, которые могут служить ментальными накопителями (резервами), и который может быть задействован по мере необходимости [31]. Данную взаимосвязь можно представить в виде физической формулы А. Эйнштейна [32], которую физик назвал «Не смеется ли Господь Бог?»:  $E = mc^2$ , где  $E$  — энергия,  $m$  — масса,  $c$  — скорость света, которая говорит об эквивалентности массы и энергии и которые могут превращаться друг в друга.

В нашем случае, рассматривая концепцию когнитивного резерва, под  $E$  мы подразумеваем психическую энергию, под массой  $m$  рассматриваем мозговой резерв, а  $c$  — по нашему мнению, это сам когнитивный резерв. Однако космология А. Эйнштейна в показателе  $c$  не совсем вписывается в понимание работы головного мозга, так как мы имеем дело не с бесконечной вселенной, а с замкнутой биологической строго организованной системой. Поэтому мы обратились к формуле Лоренца [32]  $m = m_0 \times [(1 - v^2/c^2)]^{(-\frac{1}{2})}$ , где  $v$  — скорость тела, и решили заменить  $c^2$  на  $v^2$  для объяснения физических процессов состояния когнитивного резерва.

Возникает вопрос почему  $v^2$ ? Дело в том, что  $v$  — это векторная величина, обозначающая движение материи, если живой мозг представить условно в виде окружности, то квадрат  $v$  может возникнуть в том случае, если синус угла повернуть на  $90^\circ$ , он будет равен единице, тогда мы и получим этот квадрат (визуально это можно представить на рис. 3), и мы видим  $v$  квадрат вписанный в окружность, которая представляет собой замкнутую систему, таким образом возникает векторная скорость по кругу, или круговое движение, поэтому  $v^2$  является не простым вектором, а круговым. В мозговых структурах передача сигналов или импульсов условно закольцовывается в замкнутой системе. Данную систему мы можем увидеть и в «модулях» мозга (нейробиологическая теория модулярности) и в «нейронах области мозга», обеспечивающие определенный, отдельно взятый фактор (А.Р. Лурия), при этом фактор может «располагаться» как в мозговом резерве, так и в когнитивном.



*Рисунок 3. Математическая модель векторной величины скорости  $v$  в замкнутой системе, создающей движение по кругу, а в трехмерном пространстве круговое движение по спирали (составлено автором)*

Нейропсихологическая школа А.Р. Лурии вместе с его учениками рассматривает всеобщую способность мозга и называют её нейропластичностью, которая может изменять свою структуру и функциональные связи в ответ на опыт, обучение или повреждение. Мы считаем, что нейропластичность может играть ключевую роль в развитии комбинаторных способностей. Когда мозг испытывает новый опыт или получает новую информацию, возникает образование новых нейронных связей и сетей, что в свою очередь способствует расширению «комбининга» (комбинаторных возможностей мозга). Например, при обучении новым навыкам или изучении новой информации нейропластичность позволяет мозгу адаптироваться и создавать новые пути для комбинирования знаний и умений. Мы считаем, что нейропластичность является биологическим свойством комбинаторных способностей мозга.

В когнитивном резерве мозга человека формируются в течение жизни представления об окружающем мире в виде сенсорно-смысловых структур восприятия, которые впоследствии с помощью комбинаторных умственных действий обрабатываются и выстраиваются под определенную цель комбинаторной задачи. В психологии исследования по проблеме описания интеллекта в целом можно поделить на два направления: общий интеллект (общие умственные способности) и парциальный интеллект. Зарубежные представители Дж. Хорн и Р. Кеттелл в структуре парциального интеллекта выделяют два типа способностей — кристаллизованные и подвижные. Подвижный (текущий) интеллект Дж. Хорн описывает как способность к приобретению новых знаний и навыков, которая позволяет человеку находить нестандартные решения в обычных вопросах и в непривычных проблемах. По Дж. Хорну данный тип интеллекта отражает возрастное состояние нервной системы, его снижение свидетельствует о возрастных изменениях, особенно это наблюдается в позднем зрелом возрасте [33]. Комбинаторные способности относятся к подвижному интеллекту, поэтому решение комбинаторных задач в зрелом возрасте может являться развитием, профилактикой снижения подвижного интеллекта и его сохранения.

Таким образом, рассматривая «комбининг» как свойство психики, мы можем говорить о биологическом свойстве комбинаторности — нейропластичности, однако данное свойство должно быть кем-то или чем-то активировано, необходимо наличие фактора, который создает кинетическую энергию или энергию движения. Нейропластичность выступает неким связующим звеном между мозговым и когнитивным резервом, но мы понимаем, что психика глубоко социальна, поэтому социализация человека и является тем самым «фактором» в развитии комбинаторных способностей человека. Кинетическая энергия может выступать фактором социализации, полученной из окружающей среды, а в совокупности это образует сознание человека (знание о мире). Знание, опыт накапливаются в когнитивном резерве

(переход количества в качество) и впоследствии человек как бы пользуется этой «копилкой», используя в качестве инструмента познания мира свои комбинаторные способности.

Мы приходим к выводу о том, что нейропсихологические механизмы комбинаторных способностей находят свой объяснительный принцип в теории когнитивного резерва, в общепсихологической теории деятельности, протекают по физическим законам развития живой материи, и могут быть представлены в виде следующей формулы:  $E = t v^2$ , где  $E$  — кинетическая психическая энергия,  $t$  — мозговая морфометрия (объем, масса мозга, синаптическая разветвленность нейронных связей, степень развитости отдельных мозговых структур и пр.),  $v$  — скорость движения материи (свойства нейронных структур).

Для сохранения  $t$  (мозговой морфометрии) достаточно полноценного питания. Под полноценным питанием подразумевается низкокалорийная пища, прием витаминов и минералов, необходимых головному мозгу как биологической системе, это повышает сопротивляемость нервным заболеваниям, увеличивает продолжительность психической жизни и стимулирует выработку нейронов из стволовых клеток. Полноценное питание увеличивает эластичность синапсов (места контакта нейронов), через которые проходят сигналы нервного импульса, а при повреждениях головного мозга оно дает возможность здоровым нейронам растягиваться и занимать место мертвых клеток. Интервальное питание человека благоприятно сказывается на работе мозга, нежели ограничение калорий. Пища, содержащая карнозиновую кислоту, предохраняет мозг от инсультов и развития деградирующих заболеваний (Л. Бройнинг), [34].

Таким образом, опираясь на нашу формулу и на утверждение М. Фергюсон [26] о том, что «способности не появляются, а высвобождаются», мы можем заключить, что комбинаторные способности на нейробиологическом и нейропсихологическом уровнях являются высвобожденной кинетической психической энергией под влиянием внешних факторов социализации в течение онтогенеза за счет закономерностей «комбининга» нейронных структур мозга — нейропластичности, нейрорепарации и интеграции межполушарных отношений.

## Выводы

Теоретический анализ нейропсихологических аспектов комбинаторных способностей показал недостаточность понятийного аппарата, соответственно мы ввели специальное понятие «комбининга» для обозначения функционала систем нейронной сети. «Комбининг» отражает процессуальную сторону нейрокомбинаторики мозга, определяет врожденные и приобретенные задатки комбинаторных способностей на основе совмещения (соединения, сонастройки) природных структурных нейромеханизмов психики с развитием новых функциональных структур под воздействием среды, социума, людей на основе нейропластичности и когнитивного резерва мозга. Сами комбинаторные способности мы можем определить как индивидуально-типологические свойства личности, обеспечивающие познавательную активность субъекта при решении комбинаторных задач разной степени сложности. Процессы познания в психике человека обеспечиваются восприятием, мышлением, речью и воображением. Комбинаторные задачи от простого к сложному фактически могут выполнять роль нейрорепарации. Комбинаторные способности относятся к подвижному интеллекту, поэтому решение комбинаторных задач в зрелом возрасте может являться развитием, профилактикой снижения подвижного интеллекта и его сохранения.

Природа комбинаторных способностей может быть описана с точки зрения теории когнитивного резерва как потенциальные комбинаторные способности человека за счет свойств нейронных структур мозга. Методами исследования «натуральных комбинаторных

способностей» могут выступать функциональная магнитно-резонансная томография (fMRI), электроэнцефалография (ЭЭГ) и магнитоэнцефалография (МЭГ). Соответственно комбинаторные способности поддаются измерению, могут быть зафиксированы скоростные характеристики, физические параметры участков мозга, комбинации связей между нейронными сетями, степень комбинаторной активности когнитивных функций и их вариативность.

Основываясь на нашем теоретическом анализе в контексте нейропсихологических и нейробиологических исследований природные (натуральные) комбинаторные способности можно сравнить с «программным продуктом» мозга, в котором массив данных обладает определенной скоростью, и его характеристики носят и физический, и информационный характер, наполняя «когнитивное пространство», и стимулируя активность кинетической психической энергии. «Комбинаторные способности нейронов» играют ключевую роль в обработке информации, данные, поступающие от сенсорных систем, стимулируют «комбининг» нейронов, формируя сложные связи и активацию между различными нейронными группами. Особую роль в «комбининге» играют проводящие пути, обладающие свойствами нейропластичности, нейрорепарации и интеграции.

Опираясь на теорию когнитивного резерва можно заключить, что когнитивные функции психики основаны на процессах «комбининга», и для измерения их комбинаторности можно применять формулу  $E = mv^2$ . Гипотетически  $E$  может выступать природным потенциалом (энергией) комбинаторных способностей,  $m$  — морфологическими характеристиками мозговых структур, а  $v^2$  может содержать стимулирующую составляющую (фактор) комбинаторных способностей, определяющую векторное движение высокоорганизованной материи.

За биологическое и нейропсихологическое состояние комбинаторных способностей отвечают дорсальный латеральный префронтальный кортекс, апостериорная париетальная кора, лобные доли головного мозга. Таким образом можно заключить, что благодаря «комбинингу» (комбинаторным способностям нейронов), создаются сложные сети активации, которые определяют конечный продукт нейрональной деятельности — способности, мысли, чувства, движения и другие функции организма и психики в целом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Филатова, А.А. Что нам делать с нейронауками? От эпистемологии подозрения к эпистемологии заботы [Текст] / А.А. Филатова // Социология власти. — 2020. — Т. 32, № 2. — С. 18–47.
2. Оликайнен, О.В. Определение задатков способностей [Текст] / О.В. Оликайнен, В.Н. Обносов // Экономика и социум. — 2017. — № 2(33). — Режим доступа URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/oprededenie-zadatkov-sposobnostey-1/viewer>.
3. Попов, А.А. К основаниям построения отечественной теории компетенций [Текст] / А.А. Попов // Философия, социология, политология. — 2008. — № 4. — Режим доступа URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-osnovaniyam-postroeniya-otechestvennoy-teorii-kompetentsiy/viewer>.
4. Пятин, В.Ф. Болезнь Альцгеймера и мелатонин / тестостерон / эстрогены: нейрофизиологическая и нейроэндокринологическая маршрутизация долголетия [Текст] / В.Ф. Пятин, О.А. Маслова, Н.П. Романчук // Бюллетень науки и практики: Медицинские науки. — 2022. — Т. 8, № 8. — С. 97–127.

5. Черниговская, Т.В. Нейрофизиология в поисках смыслов [Текст] / Т.В. Черниговская // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. — 2020. — Т. 56, № 7. — С. 833–834.
6. Зинченко, В.П. Сознание и творческий акт [Текст] / В.П. Зинченко. — М.: Литрес, 2022. — 912 с.
7. Фролова, И.Е. Языковой образ «человека космического» в русском философском дискурсе (на материале произведений Н. Бердяева) [Текст] / И.Е. Фролова // Вестник Омского университета: Филология. — 2014. — № 1. — С. 107–111.
8. Кожевников, С.В. Красноярский период (1941–1944) жизни и деятельности святителя Луки (хирурга В.Ф. Войно-Ясенецкого) [Текст] / С.В. Кожевников. — Красноярск: ООО «Типография КАСС», 2020. — 260 с.
9. Кольцова, В.А. Учение И.М. Сеченова о рефлексах головного мозга: манифест русской объективной психологии [Текст] / В.А. Кольцова, А.Н. Ждан // Психологический журнал. — 2015. — Т. 36, № 2. — С. 70–77.
10. Каткова, Е.Н. Комбинаторные способности в общей структуре интеллекта: методы диагностики и развития в дошкольном возрасте [Текст] / Е.Н. Каткова // Мир науки. Педагогика и психология. — 2022. — № 1. — URL: <https://mir-nauki.com/PDF/043PSMN122.pdf>.
11. Katkova, E.N. Functional-genetic aspect of human combinatorial abilities [Text] / E.N. Katkova // Proceedings of the International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration” 上合组织国家的科学研究：协同和一体化国际会议 — Reports in English (July 12, 2023. Beijing, PRC). — China, 2023. — 268 p. — P. 139–146.
12. Crick, F. Molecular biology in the year 2000 [Text] / F. Crick // Nature. 1970, November. Vol. 228. No. 5272. — P. 613–615.
13. Lashley, K.S. Brain mechanisms and intelligence: a quantitative study of injuries to the brain [Text] / K.S. Lashley. — Chicago: University of Chicago Press. — 1929.
14. Экклс, Дж. Физиология нервных клеток [Текст] / Дж. Экклс. — Москва: Издательство иностранной литературы, 1959. — 160 с.
15. Гомазков, О.А. Кортексин: молекулярные механизмы и мишени нейропротективной активности [Текст] / О.А. Гомазков // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. — 2015. — № 115(8). — С. 99–104.
16. Шипкова, К.М. Использование музыкаобогащенной среды при нарушениях когнитивных функций у взрослых (теоретический обзор) [Текст] / К. М. Шипкова // Клиническая и специальная психология. — 2020. — Т. 9, № 1. — С. 64–77.
17. Де Боно, Э. Шесть шляп мышления [Текст] / Э. Де Боно. — СПб: Питер Паблишинг, 1997. — 256 с.
18. Шипкова, К.М. Нейропсихологические и нейробиологические основы восстановления высших корковых функций. Модулярная теория VS теория системной и динамической локализации функций / К.М. Шипкова, В.Г. Булыгина [Текст] // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. — 2023. — Т. 46, № 3. — С. 166–188.

19. Эдельман, Дж. Разумный мозг: кортикальная организация и селекция групп в теории высших функций головного мозга [Текст] / Дж. Эдельман, В. Маунтклас. — Москва: Мир, 1981. — 180 с.
20. Шибкова, Д.З. Нейронаука: междисциплинарная интеграция или экспансия? [Текст] / Д.З. Шибкова, П.А. Байгужин // Психология. Психофизиология. — 2020. — Т. 13, № 3. — С. 111–121.
21. Лурия, А.Р. Основы нейропсихологии [Текст] / А.Р. Лурия. — Москва: МГУ, 1973. — 380 с.
22. Цветкова, Л.С. Афазиология: современные проблемы и пути их решения. 2-е изд. перераб. и доп. [Текст] / Л.С. Цветкова. — Москва: МПСИ; Воронеж: МОДЭК, 2011. — 250 с.
23. Eriksen, N., Stark A.K., Pakkenberg B. Age and Parkinson's disease-related neuronal death in the substantia nigra pars compacta [Text] / N. Eriksen, A.K. Stark, B. Pakkenberg // J Neural Transm Suppl. 2009. Vol. 73. No. 20. — P. 3–13. DOI: 10.1007/978-3-211-92660-4\_16.
24. Kaczmarek, B.L.J. Current Views on Neuroplasticity: What Is New and What Is Old? [Text] / B.L.J. Kaczmarek // Acta Neuropsychologica. 2020. Vol. 18. No. 1. — P. 1–14. — URL: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.8808>.
25. Stern, Y. Cognitive Reserve [Text] / Y. Stern // Neuropsychologia. 2009. Vol. 47. No. 10. — P. 2015–2028. — URL: <https://doi.org/10.1016/j>.
26. Еремина, Д.А. Концепция когнитивного резерва в контексте изучения ишемической болезни сердца: современные представления и перспективы научных исследований [Текст] / Д.А. Еремина, Ю.М. Сидоровская // Вестник РУДН. Серия: Психология и педагогика. — 2019. — Т. 16, № 1. — С. 20–38. — URL: <http://dx.doi.org/10.22363/2313-1683-2019-16-1-20-38>.
27. Singh-Manoux, A. Cognition and incident coronary heart disease in late midlife: The Whitehall II study [Text] / A. Singh-Manoux, S. Sabia, M. Kivimaki, M.J. Shipley, J.E. Ferrie, M.G. Marmot // Intelligence. 2009. Vol. 37. No. 6. — P. 529–534. DOI: 10.1016/j.intell.2008.12.001.
28. Stern, Y. What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept [Text] / Y. Stern // Journal of the International Neuropsychological Society. 2002. Vol. 8. No. 3. — P. 448–460. DOI: 10.1017/s1355617702813248.
29. Stern, Y. A task-invariant cognitive reserve network [Text] / Y. Stern, Y. Gazes, Q. Razlighi, J. Steffener, C. Habeck // NeuroImage. 2018. Vol. 178. — P. 36–45. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2018.05.033.
30. Величковский, Б.Б. Возможности когнитивной тренировки как метода коррекции возрастных нарушений когнитивного контроля [Текст] / Б.Б. Величковский // Экспериментальная психология. — 2009. — № 3. — С. 78–91.
31. Слободин, Т.А. Когнитивный резерв: причины снижения и защитные механизмы [Текст] / Т.А. Слободин, А.В. Горева // Международный неврологический журнал. — 2012. — № 3(49). — С. 161–165.
32. Федоровский, В.Е. О формуле  $E = mc^2$  [Текст] / В.Е. Федоровский // Инновационная наука. — 2020, № 12. — С. 8–13.

33. Уваров, Е.А. Ретроспективный анализ понятия «социальный интеллект» / Е.А. Уваров, А.В. Горбунова [Текст] // Психолого-педагогический журнал «Гаудеамус». — 2023. — Т. 22. № 1. — С. 18–26.
34. Бройнинг, Л. Гормоны счастья. Как приучить мозг вырабатывать серотонин, дофамин, эндорфин и окситоцин [Текст] / Л. Бройнинг. — Пер.: М. Попов. — Москва: Изд-во «Манн, Иванов и Фербер», 2021. — 320 с.
35. Ferguson, M. The Brain Revolution: The frontiers of mind research [Text] / M. Ferguson. — Taplinger; First Edition (January 1, 1973). — 380 p.

**Katkova Elena Nikolayevna**

Amur State University of Humanities and Pedagogy, Komsomolsk-on-Amur, Russia

E-mail: [elenakatkova@mail.ru](mailto:elenakatkova@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9299-1646>

RSCI: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=595601](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=595601)

## **Neuropsychological mechanisms of human combinatorial abilities**

**Abstract.** In the article, the author makes an attempt to describe the phenomenon of general combinatorial abilities of a person from the point of view of neuropsychological mechanisms of the psyche. Comparative analysis and the generalization method showed that the natural nature of combinatorial abilities can be described from the point of view of the theory of cognitive reserve as potential combinatorial abilities of a person. The «combinatorial abilities of neurons» are highlighted; they perform the role of processing information coming from sensory systems; stimulate the activity of neurons to combine information; form complex connections and activation between different neural groups. Based on the theory of cognitive reserve by Y. Stern, the theory of systemic and dynamic localization of functions by A.R. Luria and the general psychological theory of activity of S.L. Rubinstein and A.N. Leontyev, it can be argued that the cognitive functions of mental activity are based on combination processes. Accordingly, it is hypothetically possible to measure the natural potential of combinatorial abilities by analyzing the morphological characteristics of brain structures and internal/external factors that stimulate the combinatorial activity of highly organized matter. Combinatorial abilities at the neurobiological and neuropsychological levels are released kinetic mental energy under the influence of external factors of socialization in the process of ontogenesis. The combinatorial properties of neural structures are realized on the basis of the mechanisms of neuroplasticity, neurorepair and integration of interhemispheric relations. The dorsal lateral prefrontal cortex, posterior parietal cortex, and frontal lobes of the brain are responsible for combinatorial abilities. Thanks to the combinatorial abilities of neurons, complex networks of activation are created that determine the final product of neuronal activity. Neuroscience studies combinatorial abilities using various methods: functional magnetic resonance imaging (fMRI), electroencephalography (EEG), and magnetoencephalography (MEG). These methods make it possible to observe brain activity in real time during tasks involving combinatorial abilities.

**Keywords:** combinatorial abilities; neuropsychology; combination; neurons; cognitive reserve; mental energy; brain; psyche; neuroplasticity; intelligence