

## ИНФОРМАЦИОННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ КОГНИТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ<sup>1</sup>

© 2013 г. М. А. Холодная\*, О. В. Щербакова\*\*, И. А. Горбунов\*\*\*,  
И. В. Голованова\*\*\*\*, М. И. Паповян\*\*\*\*\*

\* Доктор психологических наук, профессор, зав. лабораторией психологии способностей и ментальных ресурсов им. В.Н. Дружинина, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт психологии РАН, Москва; ведущий научный сотрудник, факультет психологии, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург;  
e-mail: kholod@psychol.ras.ru

\*\* Кандидат психологических наук, доцент кафедры общей психологии, факультет психологии, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург; доцент кафедры проблем конвергенции естественных и гуманитарных наук, факультет свободных искусств и наук, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург;  
e-mail: o.scherbakova@gmail.com

\*\*\* Кандидат психологических наук, старший научный сотрудник, кафедра медицинской психологии и психофизиологии, факультет психологии, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург;  
e-mail: jean@psy.ru

\*\*\*\* Бакалавр психологии, магистрант, факультет психологии, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург;  
e-mail: ir.golovanova@gmail.com

\*\*\*\*\* Выпускник, Государственный академический университет гуманитарных наук, Москва;  
e-mail: m.papovyan@gmail.com

Представлены результаты двух независимых исследований, направленных на выявление динамики нейрофизиологических (ЭЭГ) и психофизиологических (КГР) показателей в процессе когнитивной деятельности: 1) разных типов понятийных преобразований (“вертикальных” и “горизонтальных”) ( $n = 34$ ); 2) разных типов перцептивного сканирования на примере показателей когнитивного стиля импульсивность/рефлексивность ( $n = 31$ ) (возраст испытуемых – от 17 до 33 лет). Показано, что чем выше продуктивность понятийных преобразований, тем меньше сложность кривой ЭЭГ: это может быть интерпретировано как тенденция к уменьшению энергозатрат в наблюдаемом частотном диапазоне. Установлено, что рефлексивный когнитивный стиль является более энергозатратной формой когнитивного функционирования по сравнению с импульсивным. Делается вывод о том, что характер информационно-энергетических соотношений при выполнении разных типов когнитивной деятельности зависит от фактора-медиатора – ментальных усилий: при их редукции наблюдается уменьшение энергозатрат, при росте – увеличение. Таким образом, информационные характеристики когнитивной деятельности являются исходным, а энергетические – ее производным аспектом.

*Ключевые слова:* когнитивная деятельность, информационно-энергетические характеристики, ментальные структуры, ментальные усилия, понятийные преобразования, импульсивность/рефлексивность, ЭЭГ, КГР.

В отечественной психологии проблема соотношения информационных и энергетических аспектов психической деятельности впервые была

поставлена в рамках Ленинградской/Петербургской психологической школы. В частности, в работах Б.Г. Ананьева проводится идея о том, что “единичный человек как индивидуальность может быть понят лишь как единство и взаимосвязь его свойств как личности и субъекта деятельности, в структуре которых функционируют природные свойства человека как индивида” [1,

<sup>1</sup> Исследование поддержано НИР из бюджетных средств СПбГУ (№ 8.38.191.2011 “Информационно-энергетические аспекты когнитивной деятельности” и № 0.38.518.2013 “Когнитивные механизмы преодоления информационной многозначности”).

с. 334]. Соответственно можно говорить о разных “этажах” иерархической системы регулирования энергетических и информационных потоков. Особое значение имеет выдвинутое Б.Г. Ананьевым предположение о существовании двух контуров регуляции информационно-энергетических процессов: “вертикального” (кортико-ретикулярного) и “горизонтального” (кортико-билатерального, или межполушарного), выступающих в качестве базового механизма психического развития в онтогенезе [там же].

По мнению Л.М. Веккера и И.М. Палея, информационно-энергетические соотношения в познавательной деятельности могут быть описаны как функция, в которой энергетические характеристики выступают как независимая, а информационные – как зависимая переменная. В частности, они отметили удивительный феномен информационного “скачка”: превышение определенного энергетического уровня приводит к подъему с одного информационного уровня на другой (например, при повышении уровня раздражения и возбуждения в анализаторе нервный процесс “превращается” в ощущение, повышение уровня активации кортикальных структур приводит к эффективной перестройке образов памяти в процессах воспроизведения) (см. [2]).

В современной психологии проблема информационно-энергетических характеристик познавательных процессов приобретает особую актуальность, поскольку может оказаться ключом к пониманию механизмов интеллекта.

Анализ существующих исследований, весьма малочисленных, позволяет выделить три формы эмпирического соотношения уровня активации (в терминах различных нейрофизиологических и психофизиологических показателей) с продуктивностью познавательной деятельности: линейная положительная зависимость, линейная отрицательная зависимость, криволинейная (инвертированная U-образная) зависимость.

Так, показатели активированности центральной нервной системы (величина латентных периодов сенсомоторных реакций на звук различной интенсивности как проявление выраженности закона силы) положительно коррелируют с показателями интеллектуальной продуктивности по методике Д. Векслера: чем выше активированность, тем выше интеллект [7].

Аналогично в исследовании Н.Г. Зыряновой и Е.И. Степановой были выявлены положительные корреляции между успешностью решения наглядных, практических, логических и мыслительных

задач с активированностью (по сенсомоторным показателям) [5]. Исследование М.-Л.А. Чепы также свидетельствует о том, что выполнение интеллектуальной деятельности без ограничения времени (по методикам “Установление закономерностей” и “Прогрессивные матрицы Равена”) сопряжено с более высоким уровнем активации (низким уровнем электрического сопротивления биологически активных точек кончиков пальцев рук) [14].

В то же время констатируются и связи отрицательного характера. В исследованиях Ленинградской/Петербургской школы был выявлен примечательный факт: испытуемые с более высоким интеллектуальным уровнем (более высокими показателями общего, вербального, невербального интеллекта и эффективности внимания) характеризовались меньшими энергетическими затратами на процесс умственной деятельности (в терминах показателя основного обмена) [1]. Согласно данным М.А. Акимовой, высоко активированные испытуемые (по величине латентного периода сенсомоторных реакций на звуки разной интенсивности как проявлению выраженности закона силы) оказались более успешными в решении логических задач разной степени трудности, где вся необходимая информация была отпечатана на карточках и находилась перед ними в период решения. Однако низко активированные были более продуктивны в решениях задач, где помимо текущей важное значение имела информация, хранящаяся в памяти, а логические рассуждения протекали без какой-либо внешней опоры. Иными словами, низкая активность нервной системы связана с продуктивностью более сложного вида интеллектуальной деятельности (Акимова, 1978). Подобный результат получен в исследовании М.-Л.А. Чепы: если продуктивность решения легких мнемических задач находится в положительных, то трудных – в отрицательных корреляционных связях с уровнем активированности [14].

Похожие результаты были получены с использованием ЭЭГ и фМРТ. В ряде работ было показано, что между активностью мозга в ходе мыслительной деятельности и уровнем интеллекта испытуемых наблюдаются отрицательные связи, а именно интеллектуально более компетентные лица в процессе решения задач обнаруживают меньшую мозговую активность по сравнению с испытуемыми со средним интеллектом [18, 19, 22, 23].

Так, в работе Н. Яушовец [19] сравнивались показатели активности мозга в трех группах испытуемых с разным типом интеллектуального

ресурса: 1-я группа – “одаренные” (высокие показатели  $IQ$  и высокие – креативности); 2-я группа – “интеллектуальные” (высокие показатели  $IQ$  и низкие – креативности); 3-я группа – “креативные” (низкие показатели  $IQ$  и высокие – креативности); 4-я группа – “средние” (средние показатели  $IQ$  и средние – креативности). “Одаренные” и “интеллектуальные” испытуемые показали значительно большую активность альфа-ритма по сравнению с “креативными” и “средними” испытуемыми (при решении как закрытых, так и творческих задач). Кроме того, именно “одаренные” испытуемые обнаружили значимо меньшую когерентность (т.е. большую рассогласованность) в работе разных зон мозга в процессе решения творческих задач сравнительно с “креативными” испытуемыми. Последнее обстоятельство автор объясняет большей специализацией мозговых функций у “одаренных” испытуемых.

В работе С. Прат, Р. Мэйсона и М. Джаст [23] с использованием фМРТ было показано, что испытуемые с меньшим объемом словарного запаса демонстрировали большую активацию в правой нижней лобной извилине в процессе понимания метафор по сравнению с испытуемыми, имеющими больший объем словаря. Эти данные полностью согласуются с результатами, полученными ранее А. Неубауэром, Р. Грабнером, Н. Фрэденталером, Дж. Бекманом и Ю. Гутке [21] и свидетельствующими о том, что чем выше уровень общих умственных способностей испытуемых, тем более выраженным является снижение уровня мозговой активации в процессе научения.

Иными словами, чем выше уровень интеллектуального развития, тем ниже активность мозга и тем более автономно работают мозговые зоны. Отсюда появилась парадоксальная констатация, что “интеллект – это функция не интенсивно работающего мозга, а функция эффективно работающего мозга” [18, с. 415].

Наконец, есть основания полагать, что наряду с приведенными отношениями (линейно-положительными либо линейно-отрицательными) между продуктивностью познавательной деятельности и уровнем активации существует инвертированная  $U$ -образная зависимость. Согласно этой зависимости, высокая продуктивность познавательных функций наблюдается при средних уровнях активации, тогда как крайне низкие и крайне высокие уровни активации соотносятся с низкой продуктивностью когнитивных функций (аналогом этой зависимости является закон Йеркса–Додсона). Возможным является и обратное соотношение, когда минимальным и максимальным показате-

лям интеллектуальной продуктивности соответствуют в равной мере низкие уровни активации.

Согласно исследованию Г. Шоуксмита, лица, которые делали мало либо много выборов при выполнении методики “Семантический дифференциал” (соответственно испытуемые с низким либо высоким уровнем эмоциональной активации семантических сетей), имели в равной мере более низкие показатели успешности выполнения психометрических тестов интеллекта сравнительно с лицами, делавшими среднее количество выборов по шкалам семантического дифференциала [24].

В исследовании Т. Глоберсон ученики начальной школы с минимальными и максимальными суммарными показателями способностей к пространственному структурированию (по методикам “Стержень – рамка” Г. Уиткина и субтеста “Кубики” из шкалы Д. Векслера) имели в равной мере более низкие показатели диаметра зрачка в ходе выполнения заданий сравнительно с детьми со средним показателем данных способностей (размер зрачка рассматривался как физиологический индикатор уровня “умственных усилий”) [17]. Т. Глоберсон объясняет данный факт тем, что у полнезависимых испытуемых, в опыте которых перцептивные сигналы играют доминирующую роль, контролирующие процессы оказываются недостаточно сформированы, что, в свою очередь, снижает уровень ментальных усилий в процессе переработки информации. В то же время испытуемые с максимально выраженным полнезависимым стилем в силу нечувствительности к пространственному контексту настолько хорошо структурируют поле, что уровень умственных усилий у них также минимален. И только испытуемые со средними показателями полнезависимости (“гибкие полнезависимые”), активно перерабатывая информацию о пространственном контексте, обнаруживают высокий уровень ментальных усилий, что и проявляется в увеличении диаметра зрачка.

В целом данные относительно соотношения информационно-энергетических аспектов когнитивной деятельности можно проинтерпретировать следующим образом. С одной стороны, чем сложнее когнитивная деятельность, тем в большей мере затрачиваются ментальные ресурсы и тем больше энергозатраты (в терминах различных психофизиологических и нейрофизиологических показателей). С другой стороны, чем выше уровень организации индивидуального ментального опыта, тем в меньшей мере будут расходоваться ментальные ресурсы в силу более богатого арсенала декларативных и процедурных когнитивных

схем. При этом, следовательно, будет затрачиваться меньше ментальных усилий при решении задач и соответственно будет снижаться уровень активации в процессе когнитивной деятельности, включая параметры активности мозга.

Таким образом, можно предположить, что за индивидуальными различиями в соотношении уровня активации с продуктивностью когнитивной деятельности стоит опосредующий фактор – феномен “ментальных усилий”: чем выше уровень ментальных усилий в ходе деятельности, тем выше проявления активации (начиная с температуры кожи, включая КГР и заканчивая ЭЭГ-активностью головного мозга). При этом необходимо учитывать тот факт, что лица с высоким интеллектуальным ресурсом в силу наличия хорошо сформированных ментальных структур (когнитивных схем, концептуальных структур и т.д.) затрачивают меньше ментальных усилий в процессе решения задач, следовательно, показатели энергетической активации у них будут ниже.

*Цель* данной работы: выявление динамики нейрофизиологических (ЭЭГ) и психофизиологических (КГР) показателей в процессе когнитивной деятельности: 1) разных типов понятийных преобразований (“вертикальных” и “горизонтальных”); 2) разных типов перцептивного сканирования (на примере показателей когнитивного стиля импульсивность/рефлексивность).

#### ИССЛЕДОВАНИЕ 1. ЭЭГ-ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОНЯТИЙНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Согласно представлениям Л.М. Веккера, разведение уровней обобщенности в понятийной мысли имеет свои энергетические эквиваленты, величина которых возрастает с увеличением числа соотносимых концептуальных “слов” [3]. Это предположение нашло свое эмпирическое подтверждение в исследовании особенностей организации понятийного мышления, в рамках которого было продемонстрировано, что величина энергозатрат (в терминах показателей КГР) в процессах оперирования понятиями зависит от характера выполняемых понятийных – “горизонтальных” и “вертикальных” – преобразований [11]. Аналогично в исследовании энергетических характеристик мыслительного процесса – также с использованием показателей КГР – было показано, что уровень организации понятийной системы связан с величиной необходимых для ее поддержания и функционирования энергозатрат [8]. Таким обра-

зом, энергетическая составляющая выступает в качестве фактора, обеспечивающего интеграцию всех основных компонентов “внутри” понятийной структуры, возможность поддержания “структурного потенциала” этого психического образования и, соответственно, возможность его включения в систему понятийных взаимодействий.

*Гипотеза:* лица с более высокой успешностью понятийных преобразований (имеющие более сформированные категориальные и концептуальные схемы) при выполнении этой когнитивной деятельности будут иметь меньшие энергозатраты (в терминах показателей ЭЭГ).

**Методы исследования.** 1) Задание “Обобщение трех слов” [13], обеспечивающее выявление способности к категориальному обобщению по существенному признаку. Испытуемому предъявляется 10 триад слов (например, “гамма, бусы, лестница”, “капкан, забор, пробка” и т.д.). Согласно инструкции, испытуемый должен найти общий признак, который не очевиден, но по которому эти слова могут быть, тем не менее, объединены. Каждая триада слов предъявляется на 30 с. Показатель продуктивности категориального обобщения: сумма баллов по 10 триадам слов.

Критерии оценки ответа: 0 баллов – обобщаются только два слова из трех; тематическое обобщение; 1 балл – аналитическое обобщение на основе выделения отдельного признака; формальное категориальное обобщение; 2 балла – строгое категориальное обобщение с использованием родового понятия (например, ответ “последовательность” на предъявленную триаду “гамма, бусы, лестница”).

Данное задание требовало от испытуемого мысленно совершить вертикальный переход по уровням обобщения в соответствии с принципом “от частного к общему”, предполагающий самостоятельное создание нового категориального продукта высокого уровня обобщения.

2) Задание “Решение метаграмм” [15, 16]. Метаграммы представляют собой загадки, которые имеют стихотворную форму. Их основным отличием от традиционных загадок является наличие не одного, а нескольких зашифрованных слов, которые предстоит найти испытуемому и которые различаются всего одной буквой. Всего использовалось 6 метаграмм (одна тренировочная и пять основных). Все метаграммы предъявлялись на мониторе компьютера последовательно – от простых к более сложным. Показатель: сумма в баллах по пяти метаграммам.

Критерии оценки ответа: *0 баллов* – отсутствие ответа либо полностью неверный ответ; *1 балл* – неполный ответ, где испытуемый называл только половину необходимых слов; *2 балла* – верный ответ, в котором указаны все искомые слова.

Для успешного решения метаграммы испытуемому необходимо одновременно “развернуть” в своем сознании несколько независимых ментальных пространств, отвечающих последовательно предъявляемым условиям головоломки и кодирующих различные аспекты ее решения. В свою очередь, нахождение единственно верной точки их пересечения (как раз и обеспечивающей нахождение всех компонентов верного ответа на метаграмму) представляет собой процесс свертывания ментальных пространств и их “упаковывания” в конечный интеллектуальный продукт – ответ. Описанные действия предполагают мысленное перемещение по схеме “от частного к общему”, поскольку испытуемому необходимо по заданному набору признаков, кодирующих обобщенную область поиска, перейти к конкретным словам, удовлетворяющим условия загадки.

3) Методика “Противоположные суждения”, которая разработана авторами на основе оригинальной методики Т. Вуджека [4]. Согласно инструкции, испытуемый должен последовательно аргументировать три пары утверждений, прямо противоречащих друг другу (например, “Чаще, чем в другие дни недели, убийства случаются по воскресеньям” / “Реже, чем в другие дни недели, убийства случаются по воскресеньям”). Показатель: сумма баллов за четыре противоположных суждения.

Критерии оценки ответов: *0 баллов* – ответ нелогичный либо лишенный прозрачной аргументации; *1 балл* – ответ в виде реалистичного аргумента, основанного на объективных причинно-следственных связях.

Поиск противоположного ответа предъявляет высокие требования к обратимости совершаемых субъектом “горизонтальных” интеллектуальных преобразований, включая первоначальный синтез объяснительной ментальной конструкции (переход умственной энергии в “связанное” состояние, соответствующее нахождению аргументации и созданию интеллектуального продукта), последующее ее разрушение (соответственно высвобождение умственной энергии) и создание новой, противоречащей первой, конструкции (т.е. альтернативной формы ее упорядочивания и структурирования).

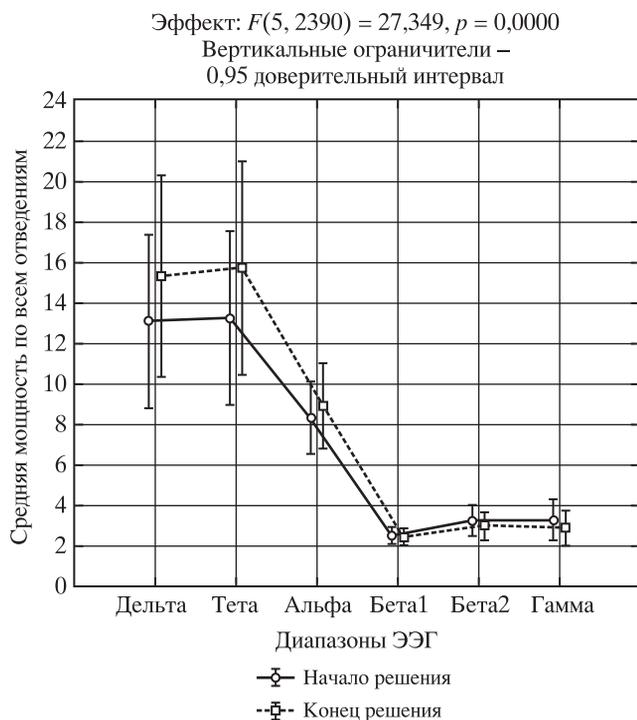
*Выборку* составили 34 чел. (23 женщины и 11 мужчин) в возрасте от 17 до 33 лет.

**Процедура исследования.** Исследование проходило в специальной камере, где у испытуемых снимались показатели электроэнцефалограммы (ЭЭГ) в процессе решения ими задач, направленных на совершение понятийных преобразований. Здесь же находился монитор, на котором предъявлялись стимульные задания. Каждое задание появлялось на экране монитора на определенное время, в течение которого регистрировалась ЭЭГ, а испытуемый, выполнив задание, нажимал клавишу лежащей у него на коленях клавиатуры. В этот момент запись ЭЭГ прекращалась, и испытуемый устно сообщал свой ответ экспериментатору. Экспериментатор находился в соседнем помещении и слышал ответ испытуемого с помощью специальной аудиоаппаратуры. В общей сложности фиксировались 66 участков записи ЭЭГ, т.к. учитывались начальный (первые 5 с) и конечный (последние 5 с) этапы записи ЭЭГ по каждому из 33 заданий по трем методикам. После окончания эксперимента с каждым участником проводилось постэкспериментальное полуструктурированное интервью.

Обработка данных ЭЭГ осуществлялась с помощью вычисления мощностей в диапазонах основных ритмов. Спектральный анализ производился на основе компьютерной программы *WinEEG*. Анализу подвергались первые и последние 5 с записи, отобранные из каждого фрагмента ЭЭГ, что было обусловлено соображениями удобства рассмотрения динамики основных ритмов. Исследовалось влияние следующих факторов: “этап решения” (начало–конец), “успешность решения”. Как дополнительный в дисперсионном анализе участвовал фактор “тип задачи”.

**Результаты исследования** многомерного многофакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями свидетельствуют о том, что мощности во всех отведениях ЭЭГ в начале и в конце решения достоверно различались ( $p < 0.001$ ,  $df$  эффекта = 1,  $df$  ошибки = 811, лямбда Уилкса = 0.98). При этом в наблюдаемом частотном диапазоне (1.5–45 Гц) мощность ЭЭГ к концу решения задач достоверно увеличивается. Однако изменение мощности происходит разнонаправленно в разных частотных диапазонах.

На рис. 1 видно, что в начале решения более высокой мощностью характеризовались высокочастотные ритмы ЭЭГ (бета-2 и гамма-), а менее высокой – низкочастотные (дельта-, тета- и альфа-), тогда как в конце решения мощность высо-



**Рис. 1.** Усредненные по всем отведениям мощности в диапазонах основных ритмов в начале и в конце решения задачи (многочленное совместное влияние факторов “Диапазон ЭЭГ” и “Этап решения”,  $p < 0.00001$ ,  $df$  эффекта = 5,  $df$  ошибки = 474, лямбда Уилкса = 0.894).

кочастотных ритмов уменьшалась, а низкочастотных, напротив, увеличивалась.

На рис. 1 видны достаточно большие доверительные интервалы, что могло бы вызвать сомнения в достоверности полученных результатов. Однако следует учесть, что график отражает усредненные по 19 отведениям мощности. Хорошо известно, что мощность каждого из ритмов в разных отведениях закономерно изменяется – например, медленные ритмы (дельта- и тета-) существенно мощнее во фронтальных отведениях, а альфа-ритм – в затылочных. Эти отклонения мощностей увеличивают дисперсию внутри каждого изображенного показателя. Тем не менее, при учете фактора отведения в дисперсионном анализе данные отклонения не влияют на дисперсию ошибки и не уменьшают значимость. Иными словами, в каждом отведении мощность каждого ритма изменяется в зависимости от фактора успешности решения – независимо от высоких отклонений мощности ритма в разных отведениях.

Таким образом, в процессе выполнения заданий на понятийные преобразования у испытуемых всех групп (“высокоуспешных”, “среднеуспешных” и “неуспешных”) усиливается мощность

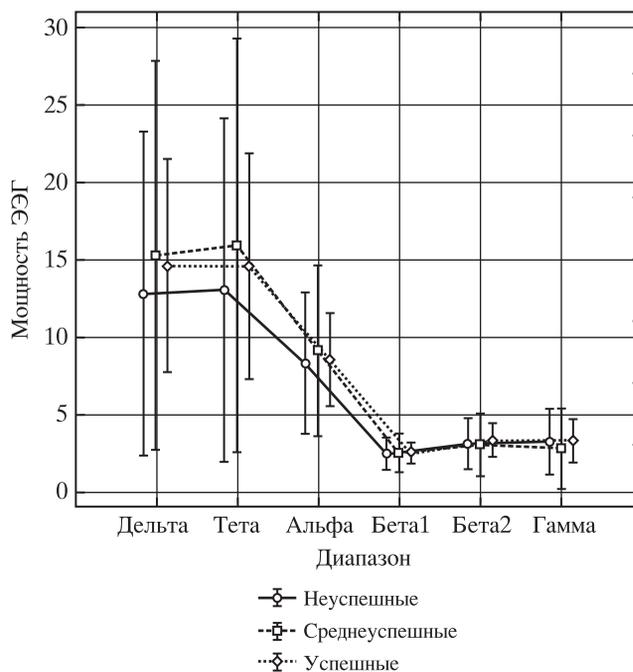
низкочастотных ритмов и уменьшается мощность высокочастотных. Другими словами, к моменту нахождения решения (что примечательно – независимо от его объективной верности или неверности) общий энергетический потенциал работы мозга уменьшается, смещаясь к более низким частотам (дельта- и тета-ритмам). По-видимому, создание интеллектуального продукта (независимо от его качества) требует упорядочивания информации и ее организации за счет оперативной актуализации концептуальных схем, что сопряжено с энергетическими переходами, суммарно выражающимися в уменьшении энергетического потенциала мозга.

Особо интересен тот факт, что этот эффект более заметен в группе “высокоуспешных” (именно у “высокоуспешных” медленноволновая активность мозга выражена в наибольшей степени).

Далее, были получены значимые различия в мощности ЭЭГ при успешном и неуспешном решении задач на понятийные преобразования (рис. 2).

На рис. 2 видно, что испытуемые при высоко- и среднеуспешном решении имеют более высокую

Эффект:  $F(10, 2390) = 2,1238, p = 0,1988$   
 Вертикальные ограничители –  
 0,95 доверительный интервал



**Рис. 2.** Усредненные по всем отведениям мощности в диапазонах основных ритмов испытуемых, решающих задачи с различной степенью успешности (многочленное совместное влияние факторов “Диапазон ЭЭГ” и “Успешность”,  $p < 0.0289$ ,  $df$  эффекта = 10,  $df$  ошибки = 948, лямбда Уилкса = 0.96).

мощность по отведениям в диапазонах дельта-, тета- и альфа-ритмов, тогда как в диапазоне высокочастотных ритмов значимые различия не наблюдаются.

Также можно видеть, что у “высокоуспешных” испытуемых низкочастотная ритмика (дельта-, тета- и альфа-ритмы) больше по амплитуде, что свидетельствует о более упорядоченном состоянии мозга и меньших энергетических затратах, сопровождающих понятийные преобразования. Напротив, у “неуспешных” испытуемых – по сравнению с “высокоуспешными” – наблюдается большая разупорядоченность мозговой активации в процессе совершения понятийных преобразований. Интересно, что возникающая после предъявления инструкции десинхронизация мозговой активности к моменту нахождения решения (в данном случае – неверного и не отвечающего условиям задачи) у этих испытуемых снижается лишь незначительно.

Таким образом, продуктивные проявления когнитивной деятельности (создание понятийного продукта вне зависимости от степени его правильности и более высокая успешность понятийных преобразований по всем трем видам заданий) связаны с переходом мозга в более “упорядоченное” состояние, что может быть интерпретировано как снижение его энергетического потенциала.

## ИССЛЕДОВАНИЕ 2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРЦЕПТИВНОГО СКАНИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОГНИТИВНОГО СТИЛЯ ИМПУЛЬСИВНОСТЬ/РЕФЛЕКТИВНОСТЬ)

Традиционные представления о когнитивном стиле импульсивность/рефлексивность основаны на предположении об индивидуальных различиях в когнитивном темпе (Дж. Каган). Тем не менее для полюса импульсивности характерны не только быстрое реагирование в ситуации множественного выбора, но и выдвижение гипотез без анализа признаков альтернативных объектов при их сравнении с объектом-эталоном; для полюса рефлексивности – не только замедленный тип реагирования в подобной ситуации, но и многократная проверка гипотез, принятие решения на основе тщательного предварительного осмотра и анализа признаков альтернативных и эталонного объектов. Таким образом, данный когнитивный стиль прежде всего отражает индивидуальные

различия в эффективности сканирования перцептивного поля.

Энергетическая составляющая данного когнитивного стиля изучена недостаточно. В известном нам исследовании, проведенном на учащихся 2–3-х классов с использованием методики “Сравнение похожих рисунков” (*MFFT*) и оценки плотности потовых выделений пикнометрическим методом, показано, что импульсивные дети имеют низкий уровень активации и высокую потребность в стимуляции, тогда как рефлексивные имеют высокий уровень активации и низкую потребность в стимуляции [20].

В соответствии с представлением о квадриполярности когнитивных стилей два полюса этого когнитивного стиля представлены четырьмя разными субполюсами: полюс импульсивности – субгруппами “импульсивные” и “быстрые/точные”; полюс рефлексивности – субгруппами “рефлексивные” и “медленные/неточные” [12]. “Расщепление” полюсов данного когнитивного стиля позволяет более точно оценить эффективность сканирующих стратегий, которая свидетельствует о сформированности механизмов произвольного контроля процесса переработки информации. В этом контексте наибольший интерес представляет субгруппа “рефлексивных” испытуемых как лиц, затрачивающих наибольшие ментальные усилия при сканировании перцептивного поля.

*Гипотеза:* у лиц с рефлексивным стилем (характеризующихся более аналитической и развернутой стратегией перцептивного сканирования при идентификации похожих рисунков) на этапе формирования первого ответа будут наблюдаться большие энергозатраты (в терминах показателей КГР).

**Методы исследования:** 1) методика “Сравнение похожих рисунков” (*Matching Familiar Figures Test*: серия для подростков и взрослых) Дж. Кагана для выявления когнитивного стиля “импульсивность/рефлексивность”. Показатели: время первого ответа и количество ошибок.

2) Методика регистрации кожно-гальванической реакции (КГР) В.В. Суходоева. Методика по измерению электродермальной активности, основанная на ионной модели формирования сигнала КГР и оценке сигнала по шкале натурального логарифма, включает в себя аппаратное оборудование и программное обеспечение. Числовые значения амплитуд КГР представлены в единицах шкалы натурального логарифма в виде 0.01 Непера – санинепера (сНп) [9, 10].

**Показатели:**

1) *фоновая величина сигнала* – средняя величина сигнала на временном отрезке продолжительностью 60 с до начала тестирования (характеризует среднюю интенсивность активационных процессов в состоянии покоя, в сНп);

2) *средняя величина сигнала в течение латентного периода первых ответов* – средняя величина значений сигнала на 12 отрезках от момента предъявления рисунка теста до первого ответа (характеризует среднюю интенсивность активационных процессов в режиме поиска ответа, в сНп);

3) *общее количество активаций в течение латентного периода первых ответов* – количество изменений уровня активации на 12 временных отрезках, соответствующих латентным периодам первого ответа по методике Дж. Кагана (характеризует общую интенсивность активационных процессов в режиме поиска ответа, в сНп);

4) *сумма изменений уровня активации в течение латентного периода первых ответов* – сумма приращений активации на 12 временных отрезках, соответствующих латентным периодам первого ответа по методике Кагана (характеризует выраженность и интенсивность активаций, в сНп);

5) *среднее значение времени от начала латентного периода до начала первой активации* – показатель среднего значения времени от момента предъявления рисунка теста до первой зарегистрированной активации (характеризует скорость реагирования, в с);

6) *среднее значение времени от начала первой активации до ее пика* – показатель среднего значения времени от начала увеличения сигнала до его максимального значения (характеризует интенсивность реагирования, в с).

*Выборку* составил 31 чел. (17 женщин и 14 мужчин в возрасте от 18 до 21 года, студенты факультета психологии).

**Процедура исследования.** Участникам исследования предлагался бумажный вариант методики Дж. Кагана “Сравнение похожих рисунков”, при выполнении которой осуществлялась регистрация КГР. Получаемый сигнал демонстрировался в виде непрерывной линии регистрации на экране компьютера, расположенного так, чтобы исключить возможность смещения внимания испытуемого на экран. Верхняя часть туловища испытуемого была зафиксирована, а к трем пальцам левой руки были присоединены датчики. В правой руке испытуемого находилась подвижная указка, посредством которой выбирался вариант ответа. До начала опыта фиксировался показатель фоновой активности. Границы временных отрезков отмечались на регистрационной линии маркерами, проставляемыми при предъявлении сигнала и в момент каждого ответа испытуемого.

Полученная для каждого испытуемого кривая в соответствии с 12 рисунками основной части теста была разделена на 12 отрезков. На каждом отрезке выделялся интервал, соответствующий латентному периоду первого ответа. Данные интервалы были проанализированы с использованием компьютерной методики количественной оценки сигнала КГР по шести параметрам; полученные параметры усреднены для каждого испытуемого.

Обработка данных осуществлялась с помощью пакета *Statistica 7* с использованием следующих статистических методов: 1) кластерный анализ (метод *K*-средних); 2) сравнение средних значений с использованием непараметрического критерия *U*-Манна–Уитни.

**Результаты исследования.** Для выделения стилевых субгрупп в рамках когнитивного стиля импульсивность/рефлексивность применялся кластерный анализ. В качестве переменных использовались два показателя: сумма латентного времени первых ответов и общее количество ошибок.

По результатам анализа выделились два кластера. В табл. 1 указаны названия полученных

**Таблица 1.** Обозначение кластеров с указанием числа испытуемых в каждой группе и средних значений показателей по методике “Сравнение похожих рисунков”

Названия кластеров	Число испытуемых	Сумма времени первых ответов (с)	Стандартное отклонение	Общее количество ошибок	Стандартное отклонение
1-я субгруппа “рефлексивные”	10	940.1	183.9	1.9	2.2
2-я субгруппа “импульсивные”	21	336.5	89.7	11.2	5.9

**Таблица 2.** Средние значения и стандартные отклонения показателей КГР в субгруппах “импульсивные” ( $n = 21$ ) и “рефлексивные” ( $n = 10$ )

Показатели КГР	Средние значения и стандартные отклонения в субгруппе “импульсивные”	Средние значения и стандартные отклонения в субгруппе “рефлексивные”	<i>U</i> -Манна-Уитни	<i>p</i>
Фоновая величина сигнала (сНп)	273.4±40.8	267.2±33.3	102.0	0.899
Средняя величина сигнала в течение латентного периода первых ответов (сНп)	285.6±40.5	298.5±44.6	82.0	0.331
Общее количество активаций	25.6±13.4	68.5±47.7	43.5	0.01
Суммарное изменение уровня активации (сНп)	113.9±86.5	367.0±283.3	41.0	0.01
Среднее значение времени от начала латентного периода до начала первой активации (с)	4.76±4.14	4.27±3.02	102.5	0.916
Среднее значение времени от начала первой активации до ее пика (с)	1.72±0.95	1.71±0.99	102.5	0.916

кластеров, число испытуемых, а также средние значения соответствующих показателей.

Как видно из табл. 1, в рамках данной выборки выделились только два кластера – субгруппа “импульсивные” и субгруппа “рефлексивные” (субгруппы “быстрые/точные” и “медленные/неточные” отсутствовали, видимо, в силу специфики выборки, которую составляли студенты-психологи).

Анализ различий показателей КГР между субгруппами был осуществлен с использованием критерия *U*-Манна-Уитни. Результаты представлены в табл. 2.

Согласно табл. 2, между двумя субгруппами на высоком уровне статистической значимости ( $p \leq 0.01$ ) обнаружены различия по двум показателям: общее количество активаций и суммарное изменение уровня активации.

Таким образом, выявленные различия свидетельствуют о том, что рефлексивный способ переработки информации является более энергозатратной формой когнитивного функционирования по сравнению с импульсивным.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты *первого исследования* подтверждают гипотезу об отрицательном векторе связей информационно-энергетических аспектов когнитивной деятельности: чем выше продуктивность

процесса переработки информации, тем меньше сложность кривой ЭЭГ, что может быть интерпретировано как тенденция к уменьшению энергозатрат, по крайней мере, в наблюдаемом частотном диапазоне. На наш взгляд, эту зависимость можно объяснить следующим образом: у испытуемых, более успешных при выполнении понятийных преобразований, в большей мере сформированы концептуальные схемы. Соответственно, в процессе когнитивной деятельности по выполнению понятийных преобразований они затрачивают меньше ментальных усилий на процесс переработки информации. По-видимому, для успешных испытуемых характерны более “экономичные” в энергетическом отношении паттерны функциональной активности мозга, чем для неуспешных. Поэтому в процессе переработки информации у успешных испытуемых энергозатраты (в терминах ЭЭГ-показателей мозговой активности) снижаются.

Согласно нашим данным, к концу решения задачи (что важно – независимо от объективной верности или неверности ответа) общий энергетический потенциал мозга снижается. Более того, именно у “успешных” испытуемых (в отличие от “неуспешных”) к концу решения задачи – независимо от типа задания – резко возрастает мощность дельта-, тета- и альфа-ритмов, что соответствует снижению активности мозга на завершающем этапе решения. Особенно важным нам представляется тот факт, что описанная динамика больше

выражена в группе “высокоуспешных” испытуемых. Данное обстоятельство можно трактовать как косвенное свидетельство в пользу того, что высокоуспешные испытуемые при решении задач на понятийные преобразования прилагают меньшие ментальные усилия за счет развертывания уже существующих концептуальных схем. Ранее сформированные концептуальные схемы исключают хаотичную поисковую активность и обеспечивают более структурированные мыслительные действия, что и позволяет минимизировать энергозатраты в процессе выполнения понятийных преобразований.

Во *втором исследовании* было продемонстрировано, что рефлексивный когнитивный стиль является более энергопотребляющей формой когнитивного функционирования сравнительно с импульсивным. Сканирующие стратегии рефлексивных испытуемых предполагают большие ментальные усилия, что и проявляется в росте энергозатрат. К сожалению, в силу отсутствия в выборке субгруппы “быстрые/точные” не удалось в полной мере подтвердить гипотезу о связи энергозатрат с интенсивностью ментальных усилий. Субгруппа “быстрых/точных” отличается специфическими стратегиями сканирования: ее представители имеют наиболее эффективный механизм сканирования перцептивного поля в ситуации множественного выбора (они рассматривают минимальное количество альтернативных рисунков, так как очень быстро выделяют критические признаки, по которым и выполняют точный выбор правильного рисунка из множества возможных). Можно ожидать, что в этой субгруппе энергозатраты (в терминах показателей КГР) будут самыми минимальными, поскольку именно “быстрые/точные” затрачивают наименьшее количество ментальных усилий на сканирование перцептивного поля в силу сформированности ментальных структур, отвечающих за произвольный интеллектуальный контроль.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты, полученные в двух исследованиях, позволяют говорить о том, что характер информационно-энергетических соотношений при выполнении разных типов когнитивной деятельности (понятийных преобразований и перцептивного сканирования) зависит от фактора-медиатора – ментальных усилий, которые, в свою очередь, производны по отношению к наличным и оперативно формирующимся ментальным схемам. С одной стороны, при росте ментальных усилий

наблюдается увеличение энергозатрат (например, на начальном этапе деятельности по выполнению понятийных преобразований либо в случае рефлексивного способа переработки информации). С другой – при редукции ментальных усилий наблюдается уменьшение энергозатрат (например, на этапе завершения деятельности по выполнению понятийных преобразований либо в случае успешности этой деятельности в силу высокого уровня сформированности индивидуальных концептуальных схем).

Иными словами, мы наблюдаем принципиально новый механизм информационно-энергетических соотношений в условиях работы интеллекта: информационные характеристики (в виде ментальных усилий в процессе переработки информации) являются *исходным*, а энергетические (в виде уровня активности мозга) – *производным* аспектом когнитивной деятельности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ананьев Б.Г.* Человек как предмет познания. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1969.
2. *Веккер Л.М., Палей И.М.* Информация и энергия в психическом отражении // Экспериментальная и прикладная психология. Л., 1971. Вып. 8.
3. *Веккер Л.М.* Психические процессы: В 3 т. Л.: Изд-во ЛГУ, 1976. Т. 2.
4. *Вуджек Т.* Тренировка ума. СПб.: Питер, 1996.
5. *Зырянова Н.Г., Степанова Е.А.* Влияние индивидуально-типических особенностей нервной системы на продуктивность мыслительной деятельности // Современные психолого-педагогические проблемы высшей школы / Под ред. Б.Г. Ананьева, Н.В. Кузьминой. Л.: Изд-во ЛГУ, 1974. С. 82–86.
6. *Клаус Г.* Введение в дифференциальную психологию учения. М.: Педагогика, 1987.
7. *Одёршиев Б.С.* Активированность нервной системы // Психодиагностические методы в комплексном лонгитюдном обследовании студентов. Л., 1976. С. 95–110.
8. *Страбахина Т.Н.* О соотношении структурных, операциональных и энергетических характеристик мыслительных процессов: Автореф. дисс. ... канд. психол. наук. Л., 1980.
9. *Суходоев В.В.* Оценка компонентов активации психофизиологического состояния человека по кожно-гальваническим реакциям // Психологический журнал. 1997. Т. 18. № 5. С. 112–121.
10. *Суходоев В.В.* Методическое обеспечение измерений, анализа и применения параметров кожно-гальванических реакций человека // Проблемность в профессиональной деятельности: Теория и ме-

- тоды психологического анализа. М., 1999. С. 303–353.
11. *Холодная М.А.* Экспериментальный анализ особенностей организации понятийного мышления: Дисс. ... канд. психол. наук. Ленинград, 1974.
  12. *Холодная М.А.* Когнитивные стили: О природе индивидуального ума. СПб.: Питер, 2004.
  13. *Холодная М.А.* Психология понятийного мышления: От концептуальных структур к понятийным способностям. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2012.
  14. *Чена М.-Л.А.* Взаимосвязь информационных и энергетических характеристик познавательных процессов в деятельности человека: Автореф. дисс. ... канд. психол. наук. Киев, 1990.
  15. *Щербакова О.В.* Когнитивные механизмы понимания комического: Автореф. дисс. ... канд. психол. наук. СПб., 2009.
  16. *Щербакова О.В.* О диагностическом потенциале метаграмм // *Ананьевские чтения – 2010. Современные прикладные направления и проблемы психологии: Материалы научной конференции, 19–21 октября 2010 г. Ч. 1 / Отв. ред. Л.А. Цветкова.* СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та. 2010. С. 499–501.
  17. *Globerson T.* Mental capacity, mental effort and cognitive style // *Developmental Review.* 1983. V. 3. P. 292–302.
  18. *Haier R.J., Siegel B., Tang C., Abel L., & Buchsbaum M.S.* Intelligence and changes in regional cerebral glucose metabolic rate following learning // *Intelligence.* 1992. V. 16. P. 415–426.
  19. *Jaušovec N.* Differences in Cognitive Processes Between Gifted, Intelligent, Creative, and Average Individuals While Solving Complex Problems: An EEG Study // *Intelligence.* 2000. V. 28 (3). P. 213–237.
  20. *Nelson J. G., Shapiro J.* The role of arousal in predicting impulsive and reflective children // *Personality and Individual Differences.* 1987. V. 8 (1). P. 553–563.
  21. *Neubauer A.C., Grabner R.H., Freudenthaler H.H., Beckmann J.F., Gütthke J.* Intelligence and individual differences in becoming neurally efficient // *Acta Psychologica.* 2004 (116). P. 55–74.
  22. *Neubauer A.C., Freudenthaler H. H., Pfurtscheller G.* Intelligence and spatiotemporal patterns of event-related desynchronization // *Intelligence.* 1995. V. 3. P. 249–266.
  23. *Prat C.S., Mason R.A., Just M.A.* An fMRI Investigation of Analogical Mapping in Metaphor Comprehension: The Influence of Context and Individual Cognitive Capacities on Processing Demands // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition.* 2012. V. 38 (2). P. 282 – 294.
  24. *Shouksmith G.* Intelligence, creativity and cognitive style. N.Y.: Wiley-Interscience, Inc., 1970.

## INFORMATIONAL-ENERGY CHARACTERISTICS OF DIFFERENT TYPES OF COGNITIVE ACTIVITY

**M. A. Kholodnaya<sup>\*</sup>, O. V. Scherbakova<sup>\*\*</sup>, I. A. Gorbunov<sup>\*\*\*</sup>, I. V. Golovanova<sup>\*\*\*\*</sup>,  
M. I. Papovyan<sup>\*\*\*\*\*</sup>**

<sup>\*</sup> *Sc.D. (psychology), professor, head of laboratory of psychology of abilities and mental resources named after V.N. Druzhinin, Federal State-financed Establishment of Science, Institute of Psychology RAS, Moscow; leading research officer, psychological department, St. Petersburg State University, St. Petersburg;*

<sup>\*\*</sup> *PhD, associate professor, general psychology chair, psychological department, St. Petersburg State University, St. Petersburg; associate professor, problem of convergence of natural sciences and humanities chair, department of free arts and sciences, St. Petersburg State University, St. Petersburg;*

<sup>\*\*\*</sup> *PhD, senior research officer, medical psychology and psychophysiology chair, psychological department, St. Petersburg State University, St. Petersburg;*

<sup>\*\*\*\*</sup> *bachelor (psychology), undergraduate, psychological department, St. Petersburg State University, St. Petersburg;*

<sup>\*\*\*\*\*</sup> *graduating student, State Academic University for the Humanities, Moscow.*

The results of two independent researches aimed at revealing of dynamics of neurophysiological (EEG) and psychophysiological (GSR) indices in the process of cognitive activity: 1) different types of conceptual transformations (“vertical” and “horizontal”) ( $n = 34$ ); 2) different types of perceptual scanning by the example of reflectivity/ impulsivity cognitive style ( $n = 31$ ) (subjects’ age – 17–33) are presented. The higher productivity of conceptual transformations is, the less complex EEG curve is. This can be interpreted as a tendency of energy expenditure decreasing in the observed frequency range. Reflective cognitive style is shown to be more cost-based form of cognitive functioning in comparison with impulsive one. The conclusion that the character of informational – energy ratios while fulfilling different types of cognitive activity depend on factor-mediator – mental efforts is drawn. The reduction of mental efforts results in energy expenditure decreasing, while their growth – in increasing of the last. Thus, informational characteristics of cognitive activity are basic, while energy ones are derivatives.

*Key words:* cognitive activity, informational-energy characteristics, mental structures, mental efforts, conceptual transformations, reflectivity/ impulsivity, EEG, GSR.