

На правах рукописи

Величковский Борис Борисович

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПАМЯТИ**

19.00.01 – Общая психология, психология личности, история психологии

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

доктора психологических наук

г. Москва – 2017

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном  
учреждении высшего образования  
«Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова»

**Официальные оппоненты:**

**Аллахвердов Виктор Михайлович** –  
доктор психологических наук, профессор;  
заведующий кафедрой общей психологии  
факультета психологии ФГБОУ ВО  
«Санкт-Петербургский государственный  
университет»

**Мещеряков Борис Гурьевич** –  
доктор психологических наук, профессор;  
профессор кафедры психологии ФГБОУ ВО  
«Университет «Дубна»

**Селиванов Владимир Владимирович** –  
доктор психологических наук, профессор;  
заведующий кафедрой общей психологии  
ФБГОУ ВО «Смоленский государственный  
университет»

**Ведущая организация -**

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение «**Психологический  
институт Российской академии образования**»

Защита состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г. в 11 час. на заседании диссертационного  
совета Д 002.016.02 в ФГБНУ «Институт психологии РАН» по адресу: 129366, Москва,  
ул. Ярославская, д.13.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Институт психологии  
РАН» и на сайте ФГБНУ «Институт психологии РАН» (<http://ipras.ru>)

Автореферат разослан «\_\_\_» августа 2017 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 002.016.02

кандидат психологических наук, доцент

Т.Н. Савченко

Актуальность исследования обусловлена центральной ролью понятия рабочей памяти (РП) в построении современных теорий познавательных процессов, а также его недостаточной разработанностью в отечественной и зарубежной психологии. Относительно недавно введенное в психологическую науку, понятие РП получило широкое распространение в качестве конструкта, объясняющего различные явления когнитивной сферы. Современные исследования уделяют РП большое внимание как системе временного хранения информации, отличной от долговременной памяти, а также как системе оперативной переработки информации. РП тесно связано с осуществлением функций сознания, исследования которого находятся сегодня на переднем крае психологической науки. В рамках таких концепций (Baddeley, 1992; Baars & Franklin, 2003; Soto & Silvanto, 2012) РП выступает в качестве «рабочего пространства», в котором разворачивается когнитивная активность. Многочисленные современные исследования подчеркивают тесную связь функциональной организации РП с осуществлением интеллектуально сложной деятельности (Baddeley, 2012; Hofman et al., 2012). В частности, индивидуальные характеристики РП коррелируют с показателями общего интеллекта (Engle, 2002; Ackerman et al., 2005; Dang et al., 2012; Chuderski, 2013). Отражая особую роль РП в осуществлении познавательной деятельности, в современной психологии наблюдается бурный рост исследований РП (Микадзе, Скворцова, 2008; Белова, Малых, 2013; Величковский, Козловский, 2012; Dang et al., 2012). В связи с необходимостью полного раскрытия роли РП в когнитивной сфере человека, актуальными являются вопросы о функциональной организации РП, составе её компонентов и их взаимодействии при решении познавательных задач (Величковский, Козловский, 2012; Shah & Miyake, 1999; Baddeley, 2012; D'Esposito & Postle, 2015). Интенсивные теоретические дискуссии ведутся сегодня по проблеме структуры РП и месте РП в системе мнестических функций (Величковский, Никонова, Румянцев, 2015; Miyake & Shah, 1999; Barroileet & Camos, 2007; Chuderski et al., 2008; Cowan, 2008; Baddely, 2012; Dang et al., 2012; Giofre et al., 2013). В этой связи представляется обоснованным проведение новых исследований, посвященных проблеме функциональной организации РП.

Актуальность настоящего исследования обусловлена и большим прикладным значением изучения РП. Механизмы РП не только обнаруживают сходство с механизмами общего интеллекта, но и лежат в основе успешного выполнения различных видов практически важной деятельности – изучения иностранных языков, программирования, управления сложными техническими системами (Kyllonen & Christal, 1990; Gonzalez & Wimisberg, 2007). Особое значение РП играет в определении успешности обучения в школе (Дмитриева и др., 2007; Gathercole & Alloway, 2008). Нарушения РП сопровождают различные патологии – шизофрению (Goldman-Rakic, 1994), депрессию (Arnett et al., 1999), хроническое утомление (Deluca et al., 2004). Снижение функциональных возможностей РП характерно для непатологического когнитивного старения (Carretti et al., 2012). Нарушения функционирования РП также характерны для различных неблагоприятных состояний, таких как острое утомление

(Persson et al., 2007) и психоэмоциональный стресс (Shoofs et al., 2009). Любые нарушения РП приводят к редукции возможностей человека по переработке информации, принятию неоптимальных решений и, в целом, к снижению адаптационного потенциала. Неслучайно сегодня широкое распространение получают разработки психологических интервенций, направленных на снижение нагрузки на РП человека или на повышение её функциональных возможностей, например, за счет целенаправленной тренировки РП (Пигарев, 2007; Klingberg et al., 2010). Прикладные исследования роли РП в осуществлении успешной познавательной деятельности, а также разработки в области повышения функциональных резервов РП должны опираться на эмпирически подкрепленные представления о структуре РП и своеобразии её механизмов. Решение описанного комплекса актуальных проблем представляется важной текущей задачей психологической науки.

Целью исследования является выявление особенностей функциональной организации РП человека как системы оперативного хранения и переработки информации, поддерживающей решение актуальных для человека задач.

Гипотеза исследования: Оперативное хранение информации в РП обеспечивается компонентами хранения, функционирующими на основе механизмов кратковременного и долговременного хранения информации и различающимися объемом и особенностями доступа к удерживаемой информации. Переработка информации в РП обеспечивается специализированным компонентом переработки. Компоненты хранения и переработки функционируют на основе использования разделяемых когнитивных ресурсов. Взаимодействие компонентов РП обеспечивается системой процессов динамического распределения когнитивных ресурсов, оптимизирующих активацию компонентов РП в соответствии с требованиями решаемой познавательной задачи. В организации взаимодействия компонентов РП в ходе решения познавательных задач участвуют функции когнитивного контроля. Функциональная организация РП динамически изменяется под влиянием требований решаемой когнитивной задачи.

Для проверки гипотезы в исследовании решались следующие задачи:

1. Установить компонентный состав РП, а также определить чувствительность отдельных компонентов РП к воздействию факторов, влияющих на эффективность оперативного хранения и переработки информации.
2. Выявить особенности оперативного хранения информации в компонентах РП, реализуемых на основе механизмов кратковременного и долговременного хранения.
3. Выявить особенности переработки информации в РП на основе механизмов управления вниманием и применения трансформирующих операций к когнитивным репрезентациям.

4. Определить структуру корреляционных зависимостей между показателями эффективности выполнения различных заданий, требующих активации ресурсов РП с целью выявления компонентной организации РП.
5. Выявить особенности влияния функций когнитивного контроля на реализацию функций РП, в частности, определить функциональное значение функции произвольного подавления интерференции и функции переключения установок на реализацию оперативного хранения и переработки информации.
6. Определить роль когнитивных ресурсов в реализации функций РП.
7. Определить механизмы обмена информацией между компонентами РП
8. Установить возможность динамического перераспределения ресурсов РП в соответствии с функциональными возможностями РП и требованиями актуально решаемой задачи.
9. Раскрыть когнитивные механизмы выполнения разных классов тестовых задания, требующих использования ресурсов РП.
10. Выявить роль функциональной организации РП в осуществлении человеком интеллектуально-сложной деятельности.

Объектом исследования являются особенности выполнения заданий, требующих использования РП, при условии воздействия факторов, влияющих на эффективность хранения и переработки информации.

Предметом исследования являются компоненты РП, обеспечивающие оперативную переработку и хранение информации, обеспечивающие их функционирование когнитивные механизмы, а также особенности их взаимодействия при решении стоящих перед человеком задач.

Методологической основой исследования являются основные положения системного подхода в психологии (Забродин, 1983; Ломов, 1984, 1996; Швырков, 1988; Барабанщиков, 2003, 2007), принципы структурно-функционального анализа деятельности человека и микроструктурного анализа познавательных процессов (Анохин, 1970, 1979; В.П. Зинченко, 1975; В.П. Зинченко, Леонова, Стрелков, 1977; Леонова, 1984), положения когнитивно-информационного подхода (В.П. Зинченко, 1975, 1997; Зинченко, Гордеева, 1982; Зараковский, 1987; Ошанин, 1970; Найссер, 1981), концепция памяти как высшей психической функции (Выготский, 1982-1984; Леонтьев, 1931, 1981; Лурия, 1974; Смирнов, 1966), принципы деятельностного подхода к изучению познавательных (Рубинштейн, 1973; Леонтьев, 1975, 1979, 1986; Гальперин, 1966; 1976; Запорожец, 1986) и мнестических процессов (Смирнов, 1966; П.И. Зинченко, 1961, 1966; Середа, 1983).

Теоретической основой исследования выступают информационные и деятельностно-ориентированные теории познавательных процессов (Асмолов, 2002; Веккер, 1981; Найссер, 1981; Broadbent, 1958; Posner, 1976), модели психологических механизмов памяти в контексте когнитивной деятельности (Блонский, 1935;

Грановская, 1974; П.И. Зинченко, 1961; Ляудис, 1976; Клацки, 1978; Баддли и др., 2011), концепции оперативной памяти как базовой функциональной системы в структуре деятельности (Бочарова, 1981, 1984; Невельский, 1965; Забродин, Зинченко, Ломов, 1980), структурные модели РП (Baddeley, 1986), мультикомпонентные модели РП (Engle, 1999; Cowen, 1999; Oberauer, 2009), теории РП как исполнительного внимания (Engle, 2002; Barroillet & Camos, 2007; Cowen, 1999; Oberauer, 2005), модели связи особенностей РП и эффективности интеллектуальной деятельности (Engle et al., 1999; Kane et al., 2004; Ackerman et al., 2005; Dang et al., 2012), модели структурных ограничений внимания и когнитивных ресурсов (Broadbent, 1958, Pashler, 1998; Wickens, 1980; Канеман, 2006), модели исполнительного внимания и когнитивного контроля (Norman & Shallice, 1986; Miyake et al., 2000; Lorist et al. 2005), модели интерференции и её контроля в когнитивной деятельности (Friedman & Miyake, 2004; Nee & Jonides, 2008).

Для организации исследований с целью проверки выдвинутых гипотез в работе использовались экспериментальный, квазиэкспериментальный и корреляционный методы. При проведении экспериментальных исследований функциональной организации РП осуществлялось варьирование факторами, селективно влияющими на эффективность функционирования гипотетических компонентов РП. Полученные результаты интерпретировались согласно логике метода аддитивных факторов С. Стернберга. При квазиэкспериментальном исследовании функциональной организации РП была использована выборка испытуемых из популяций с генетически обусловленными особенностями функционирования мнестических процессов. Корреляционные исследования проводились на основе выявления закономерных зависимостей между показателями эффективности выполнения различных классов заданий, требующих активации ресурсов РП, а также показателей эффективности функций исполнительного и когнитивного контроля.

Для оценки функций РП использовались три класса заданий, репрезентативных для измерения этого конструкта (Conway et al., 2005; Величковский, 2014). Использовались сложные задания на определения объема РП, являющиеся сегодня фактическим стандартом при оценке индивидуальных особенностей РП и их связей с другими показателями психического функционирования (Daneman & Carpenter, 1980; Engle et al., 1999; Conway et al., 2005). Использовался вариант заданий на определение объема РП («непрерывный» объем РП, Barrouillet et al., 2004; Barrouillet & Camos, 2007), отличающиеся упрощенной задачей когнитивной переработки. Также использовались задания на обновление РП (Botto et al., 2014; Ecker et al., 2014), в частности, задание на обновление «счетчиков» (Larson et al., 1988) и задание n-back (Owen et al., 2005; Schmiedeck et al., 2009), широко применяемые в поведенческих и нейрокогнитивных исследованиях функций РП и исполнительного контроля.

Оценка функций когнитивного контроля осуществлялась на основе эмпирической классификации видов когнитивного контроля (Величковский, 2009;

Miyake et al., 2000; Morton et al., 2011; Rondeel et al., 2015), выделяющей релевантные для описания механизмов РП контрольные функции подавления интерференции и переключения установок. Для оценки эффективности контроля интерференции использовались тест на подавление сенсорной интерференции – фланговая задача Эриксонов (Eriksen & Eriksen, 1974; Davelaar & Stevens, 2009), тест на подавление пре-активированных моторных репрезентаций – задача Go-No Go (Hasher et al., 2007; Redick et al., 2011), а также тест произвольного контроля внимания – задача на антисаккаду (Hallett, 1978; Wright et al., 2014). Оценка эффективности произвольной смены задач (переключения установок) оценивалась с применением заданий со случайным (Meiran et al., 2000) и предсказуемым чередованием задач (Rogers & Monsell, 1995).

При исследовании влияния нагрузки на РП на глазодвигательную активность при выполнении зрительно-пространственных задач использовались методы высокоскоростной бесконтактной регистрации движений глаз (Барabanщиков, Жегалло, 2014), позволяющие не только раскрыть особенности перцептивных процессов, но и выявить содержание и процессуальные характеристики ориентированной на ментальные репрезентации когнитивной переработки (Ahlstrom & Friedman-Berg, 2006; Lehtonen et al., 2012). При анализе параметров глазодвигательной активности использовались методы статистической подгонки теоретических экспоненциально-гауссовских распределений к эмпирическим распределениям (Staub & Benatar, 2013).

При обработке данных использовались методы непараметрической и параметрической статистики и методы многомерного статистического анализа. В частности, использовались методы дескриптивной статистики, методы непараметрического и параметрического сравнения мер центральной тенденции, методы непараметрического и параметрического корреляционного анализа, метод однофакторного и многофакторного дисперсионного анализа. Для анализа структуры РП применялись методы факторного анализа и структурного моделирования (Митина, 2010; Vollen, 1989).

Научная новизна. В исследовании впервые проведен анализ функциональной организации РП как системы оперативного хранения и переработки информации, обеспечивающей решение познавательных задач. Проведена комплексная эмпирическая проверка основных положений трехуровневой (концентрической) модели РП (Engle, 2002; Cowan, 2008; Oberauer, 2002, 2005), предполагающей гетерархическую организацию компонентов хранения и переработки информации, различающихся по функциональной роли удерживаемых когнитивных репрезентаций. Описаны функциональные отношения компонентов РП при решении задач оперативного хранения и переработки информации.

Впервые на материале выполнения различных классов репрезентативных заданий на РП изучено влияние факторов, селективно влияющих на различные

компоненты РП. Реализованы новые подходы к изучению механизмов кратковременного и долговременного хранения информации в РП, в частности, впервые - с привлечением выборки лиц с генетически обусловленными дефицитами долговременного хранения. Впервые изучены позиционные эффекты в РП и показана роль факторов сложности когнитивной переработки в перемещении информации между компонентами хранения РП. Проведены новые исследования механизмов управления внимания в РП, впервые получены результаты о независимости сложности когнитивной переработки в РП от особенностей оперативного хранения и сделаны выводы об относительной изолированности компонентов переработки и хранения информации в РП.

Впервые выявлена трехфакторная структура зависимостей между показателями эффективности выполнения заданий на РП, соответствующая функциональной организации РП. Получены новые результаты о влиянии функций когнитивного контроля на отдельные функции РП. Проведены оригинальные исследования влияния когнитивной нагрузки на эффективность переработки информации в РП. Получены новые данные о роли доменно-неспецифических когнитивных ресурсов в реализации функций РП. Новыми также являются результаты о гибком перераспределении ресурсов между компонентами РП в соответствии с требованиями решаемых задач.

В исследовании получили развитие современные представления о функциональной организации РП, экспериментально изучены факторы эффективности решения мнестических задач в РП, раскрыта функциональная специфика компонентов РП и выявлены механизмы взаимодействия компонентов РП при решении познавательных задач. Полученные результаты открывают перспективы новых эмпирических исследований в области изучения структуры и функции РП как гетерархической системы оперативного хранения и переработки информации, обеспечивающей сложную познавательную деятельность.

Теоретическая значимость исследования обусловлена центральной ролью понятия РП для характеристики особенностей переработки информации человеком и познавательной сферы человека в целом (Baddeley, 1986; 1992; Posner, 2004; Gathercole & Alloway, 2008). Согласно распространенным теоретическими представлениям (Микадзе, Скворцова, 2008; Спиридонов и др., 2011; Baddeley, 1986; Engle et al., 1999; Shah & Miyake, 1996; D'Esposito & Postle, 2015), РП является инстанцией, осуществляющей функции оперативного хранения активированных умственных репрезентаций и их трансформации в соответствии с требованиями актуально решаемой задачи. Выполняя указанные функции, РП определяет успешность адаптивного поведения человека, основывающегося на построении моделей мира и прогнозирования результатов своего поведения в нем (Невельский, 1965; Батуев и др., 2007; Агрис и др., 2012; Величковский и Козловский, 2012; Gutzwiller & Clegg, 2012; Hofman et al., 2008, 2012). Понимаемая таким образом, РП является системой когнитивных процессов, замыкающей контур когнитивной переработки и

обеспечивающей целесообразную интеграцию когнитивных функций (Цепцов и др., 2005; Клигберг, 2010; Федорова, Потанина, 2013; Baddeley, 1996; Engle et al., 1999; Ackerman et al., 2005; D'Esposito & Postle, 2015). В силу этого большую теоретическую значимость приобретают исследования различных аспектов организации и функционирования РП (Микадзе, Скворцова, 2008; Белова, Малых, 2013; Baddeley, 1996; Giofre et al., 2013; LaRocque, 2014).

Особое значение сегодня имеет изучение структуры и механизмов РП (Козловский, 2005; Сеницын, 2008; Данилова, Лукьянчикова, 2008; Микадзе, Скворцова, 2008; Федорова, Потанина, 2013; Клигберг, 2010; Shah & Miyake, 1999; Verhaeghen et al., 2007; Ecker et al., 2015; D'Esposito & Postle, 2015). Это обусловлено тем, что эмпирическая проверка теорий РП затрудняется недостаточной разработанностью представлений о специфике функционирования РП. К вопросам, требующим проведения новых теоретических и эмпирических исследований, относятся вопросы о гомогенности/гетерогенности структуры РП (Белова, Малых, 2013; Величковский, Козловский, 2012; Shah & Miyake, 1999; Cowan, 2008), компонентах РП и их взаимодействии, а также о функциональных механизмах РП (Baddeley, 1992; Anderson et al., 1996; Kane & Tuchsolski., 1999; Barrouillet & Camos, 2007; Baumle & Schlichting, 2014). Значительный интерес представляет постановка и решение теоретических задач в области изучения связи процессов РП и внимания (Агрис и др., 2012; Федорова, Потанина, 2013; Engle et al., 1999; Kane et al., 2007; Unsworth et al., 2009), роли функций контроля внимания в реализации оперативного хранения и переработки информации в РП (Lavie et al., 2004; Kane et al., 2007; Lozito & Mulligan, 2010), соотношения доменно-специфических и доменно-неспецифических когнитивных ресурсов в обеспечении функционирования РП (Канеман, 2006; Клигберг, 2010; Fawcett & Taylor, 2012).

Значение для развития теории РП имеют исследования когнитивных механизмов выполнения различных классов заданий на РП, которые часто разрабатываются в отсутствие прочной теоретической основы (Conway et al., 2005; Schmiedeck et al., 2009; Ecker et al., 2014). Раскрытие этих механизмов позволит не только выявить функциональные ограничения РП, но и ответить на теоретически значимый вопрос о сходстве различных классов заданий на РП. Теоретическую значимость также имеет постановка и решение проблемы соотношения функций РП и когнитивного контроля как общей системы регуляции когнитивной сферой человека (Микадзе, Скворцова, 2008; Baddeley, 1996; Egner, 2009; Hofman et al. 2012; Lara & Wallis, 2014). Большое значение для дальнейшего развития теорий РП имеют исследования РП как системы, оптимизирующей свою функциональную организацию в процессе решения задач (Daneman & Merikle, 1996; Oberauer et al., 2009; Reverberi et al., 2009; Friese et al., 2010; Schmeichel & Demaree, 2010; Ramirez et al., 2012).

Для построения и развития теории РП могут быть важными полученные в рамках проведенных исследований результаты об особенностях взаимодействия компонентов

РП при решении когнитивных задач. Диссертационное исследование затрагивает теоретически значимый вопрос о взаимодействии процессов РП и системы управления произвольным вниманием, а также о роли доменно-неспецифических когнитивных ресурсов в реализации функций РП. Проведенные исследования раскрывают теоретически важные механизмы динамической балансировки активации компонентов РП с учетом требований решаемых задачи и контекста их решения. В целом, реализуемые эмпирические подходы направлены на решение ряда проблем, важных для уточнения и развития современных теоретических представлений о природе и когнитивных механизмах РП. Они обосновывают понимание РП как динамически оптимизируемой многокомпонентной системы когнитивной переработки и хранения умственных репрезентаций.

Практическая значимость исследования определяется большим значением РП в осуществлении различных видов интеллектуально-сложной деятельности и адаптации к условиям жизни в целом. Многочисленные современные исследования показывают связь индивидуальных характеристик РП с показателями общего интеллекта (Kyllonen & Christal, 1990; Engle et al., 1999; Ackerman et al., 2005; Oberauer et al., 2005; Dang et al., 2012; Giofre et al., 2013), вербального и пространственного интеллекта (Kane et al., 2004; Naavisto & Lehto, 2004) и специальных способностей (Daneman & Merikle, 1996; Bosco et al., 2004; Reverberi et al., 2009; Stevenson, 2013). Указанные зависимости реализуются на практике в существовании выраженных связей между эффективностью функционирования РП и эффективностью деятельности в различных прикладных областях: деятельности человека-оператора, программирования, изучения иностранных языков (Зотов, Ахмедова, 2011; Незавитина, 2007; Петрукович, Апчел, 2010; Lee & Seong, 2009; Lehtonen et al., 2012; Gonzalez & Wimisberg, 2007; Gutzwiller & Clegg, 2012). Описывается связь эффективности функционирования РП у школьников и эффективности обучения (Дмитриева и др., 2007; Swanson, 1993; Sweller et al., 1998; Rasmussen & Bisanz, 2005; Passolunghi et al., 2007), причем дефициты механизмов РП рассматриваются как один из основных факторов неспособности к обучению (Gathercole & Alloway, 2008). Дефициты РП наблюдаются также при нарушениях развития, в частности, при синдроме дефицита внимания и гиперактивности (Агрис и др., 2012; Klingberg et al., 2005; Jakobson et al., 2011). Дефициты РП сопровождают различные патологические и функциональные состояния (Arnett et al., 1999; Shackman et al., 2006; Coolidge et al., 2009; Persson et al., 2007; Deluca et al., 2004). РП оказывает выраженное влияние на возможность поведенческого контроля у нормальных взрослых людей и у лиц с зависимостями и поведенческими нарушениями (Friese et al., 2008; Thush et al., 2008) и в целом влияет на способность реализовывать комплексные программы поведения в соответствии с личностно значимыми целями (Миллер и др., 1965; Исматуллина, 2013; Fishbach & Shah, 2006; Hofman et al., 2012).

Имеющиеся данные о влиянии процессов РП на успешность осуществления практически значимых видов деятельности, обучения и поведенческого контроля делают особо значимыми вопросы разработки прикладных психологических интервенций, направленных на оптимизацию функционирования механизмов РП. Подобные разработки связаны либо с изменением среды с целью снижения нагрузки на РП (Gathercole & Alloway, 2008), либо с развитием функциональных возможностей РП путей её тренировки (Klingberg et al., 2005; Jaeggi et al., 2008; Dahlin et al., 2008). Необходимость повышения эффективности этих интервенций и разработки принципов их проектирования обуславливает практическое значение результатов настоящего исследования.

#### Положения, выносимые на защиту:

1. РП обладает гетерогенной структурой, включающей компоненты оперативного хранения и переработки информации с различными функциональными характеристиками, а также систему функциональных механизмов. Компоненты РП взаимодействуют на основе механизмов обмена информацией. Функциональная организация РП динамически изменяется в соответствии с требованиями решаемой задачи.

2. Хранение информации в РП обеспечивается системой компонентов хранения на основе механизмов кратковременного и долговременного хранения. Компонент хранения, использующий механизмы кратковременного хранения, предназначен для надежного удержания небольшого объема особенно значимой для решения актуальной задачи информации. Компонент хранения, использующий механизмы долговременного хранения, предназначен для удержания значительного объема информации, потенциально значимой для решения актуальной задачи. Переработка информации в РП осуществляется специализированным компонентом РП. Переработка информации в РП реализуется независимо от реализации функций хранения информации в РП.

3. Хранение и переработка информации в компонентах РП требует использования неспецифических когнитивных ресурсов. РП характеризуется динамическим перераспределением ресурсов между компонентами РП. При необходимости увеличить активацию отдельных компонентов РП когнитивные ресурсы отвлекаются от других компонентов РП. Динамическая регуляция функциональной организации РП обеспечивает максимальный уровень функционирования отдельных компонентов РП в соответствии с требованиями актуальной задачи.

4. К функциональным механизмам РП относятся механизмы управления фокусом внимания, механизмы поиска информации, механизмы распределения функциональных ресурсов РП, а также механизмы контроля интерференции. Функциональные механизмы РП действуют согласованно с целью оптимизации

функционирования РП в различных условиях. Реализация функциональных механизмов РП опирается на механизмы когнитивного контроля.

5. РП представляет собой согласованную систему компонентов и механизмов, динамически изменяющую особенности своей функциональной организации под влиянием особенностей решаемой познавательной задачи. Функциональная организация РП определяет выбор когнитивных механизмов решения разных классов заданий на РП. Особенности функциональной организации РП задают функциональные ограничения человека при решении разных видов познавательных задач путем ограничения целесообразных трансформаций релевантных для решения познавательной задачи умственных репрезентаций.

Достоверность полученных результатов обеспечивается следованием теоретико-методологическим принципам изучения мнестических процессов у человека, а также использованием эмпирических методов исследования, адекватных поставленным задачам, и репрезентативных выборок испытуемых. Для получения достоверных и надежных результатов в работе применялись методы количественного анализа с соблюдением статистических ограничений на возможности их применения.

Апробация исследования. Материалы исследования неоднократно сообщались и обсуждались на международных и российских конференциях и симпозиумах: конференции «Прикладная психология как ресурс социально-экономического развития современной России», Москва, 2005; 9-ом Европейском психологическом конгрессе, Гранада (Испания), 2005; 12-ом Европейском конгрессе по психологии труда и организационной психологии, Стамбул (Турция), 2005; 9-ой Европейской конференции по когнитивной науке, Афины (Греция), 2007; Первой Всероссийской научно-практической конференции «Психология психических состояний», Казань, 2008; 29-ой Международном психологическом конгрессе, Берлин (ФРГ), 2008; 3-ей Международной конференции о когнитивной науке, Москва, 2008; 5-ом Всероссийском форуме «Здоровье нации», Москва, 2009; симпозиуме «Методология психофизиологических исследований в России и Китае», Москва, 2009; 31-ой Ежегодной конференции по когнитивной науке, Амстердам (Нидерланды), 2009; 11-ом Европейском конгрессе по психологии, Осло (Норвегия), 2009; 14-ом Европейском конгрессе по психологии труда и организационной психологии, Сантьяго-де-Кампостелло (Испания), 2009; 27-ом Международном конгрессе по прикладной психологии, Мельбурн (Австралия), 2010; 4-ой Международной конференции по когнитивной науке, Томск, 2010; Всероссийской научной конференции «Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы», Москва, 2010; 12-ом Европейском конгрессе по психологии, Стамбул (Турция), 2011; семинаре «Актуальные проблемы психологии труда и эргономики», Москва, 2011; Космическом форуме, посвященном 50-летию полета Ю.А. Гагарина, Москва, 2011; 16-ой Международной конференции по нейрокибернетике, Ростов-на-Дону, 2012; 6-ой Международной конференции по когнитивной науке, Калининград, 2014;

Международной научно-практической конференции «Психология труда, инженерная психология и эргономика», Санкт-Петербург, 2014; конференции «Ломоносовские чтения», Москва, 2014; Международной научно-практической конференции «Основные тенденции развития психологии труда и организационной психологии», Москва, 2015. Работы в рамках данного исследования поддерживались грантами РГНФ и РФФИ.

Основное содержание диссертации отражено в 27 публикациях в журналах, рекомендованных ВАК РФ (общий объем -17,8 п.л., авторский вклад – 13,1 п.л.), в 1 авторской монографии «Рабочая память человека: Структура и механизмы» (объем - 15 п.л.), в 1 учебнике (общий объем – 37 п.л., авторский вклад – 1,1 п.л.), в 14 статьях в других изданиях (общий объем – 7 п.л., авторский вклад – 6,3 п.л.), а также в 20 публикациях в сборниках материалов всероссийских и международных конференций.

Структура диссертации состоит из введения, 6 глав, заключения и списка использованной литературы. Основной текст исследования представлен на 340 страницах. В тексте исследования содержится 32 рисунка и 22 таблицы. Список литературы содержит 477 источника, из них 330 – на английском языке.

Во введении обосновывается актуальность исследования, приводится его цель, гипотеза, задачи, объект и предмет, методологические и теоретические основания. Описываются методы исследования, обосновывается научная новизна, теоретическая и практическая значимость. Приводятся положения, выносимые на защиту, обосновывается достоверность полученных результатов, приводятся сведения об апробации и структуре работы.

В главе 1 рассматриваются подходы к определению понятия РП. Отмечается, что выделение в системе мнестических процессов отдельного вида памяти, позволяющего удерживать в актуализованной форме релевантные осуществляемой деятельности умственные объекты, имеет в психологии богатую историю (концепция первичной памяти У. Джеймса, концепция кратковременной памяти Р. Аткинсона и Р. Шиффрина). Особое значение для современных исследований имеет разработанное А.Бэддели понятие «рабочей памяти» как системы оперативного хранения и переработки информации. РП занимает центральное место в современных когнитивных теориях, объясняющих целенаправленное поведение человека. Относительно новым направлением в исследованиях РП является изучение индивидуальных различий в её функциональных возможностях. Фундаментальными фактами, полученными в этой области, являются обнаруженная связь объема РП и процессов произвольного внимания, а также объема РП и показателей общего интеллекта. Эти результаты свидетельствуют о важной роли РП в познавательной деятельности.

Отмечается, что проблема функциональной организации РП остается недостаточно разработанной, несмотря на значительный прогресс в этой области.

Открытым остается вопрос о структуре рабочей памяти. Новые результаты (Cowan, 1999; Engle, 2002; Oberauer, 2009) позволяют предположить, что в РП человека могут быть выделены различные структуры и компоненты, помимо компонентов, выделяемых в классической концепции РП А. Бэддели. В частности, в рамках настоящей работы ставится вопрос о возможности выделения в составе РП функционально различных компонентов, основывающихся на механизмах долговременного и кратковременного хранения информации. Также исследуется вопрос о функциях фокуса внимания как отдельного компонента РП, обеспечивающего хранение репрезентаций, являющихся предметом когнитивной переработки.

Отмечается, что выделение компонентов РП, связанных с хранением информации на основе механизмов долговременной и кратковременной памяти, требует выявления условий, при которых используется тот или иной компонент, а также условий, при которых информация может перемещаться между компонентами. Такие процессы обмена информацией должны быть обусловлены актуальными потребностями в хранении информации, релевантной для решения текущих задач. Малоизученными остаются вопросы взаимодействия компонентов РП, обеспечивающих оперативное хранение информации и её переработку. Важной проблемой при изучении функций и механизмов РП является проблема контроля за информацией, представленной в РП. Другим комплексом вопросов являются вопросы об организации управления хранением и переработкой информации в РП.

Рассматриваются актуальные модели РП, начиная с первой модели Дж. Миллера, Е. Галантера и К. Прибрама. Рассматривается модель А. Бэддели и характерные ограничения её функциональных компонентов. Дается обзор активационных моделей РП, таких как модель РП как исполнительного внимания Р. Энгле и модель вложенных процессов Н. Коуэна. Особое внимание уделяется концентрической модели К. Оберауера и предложенному им выделению в составе РП компонентов фокуса внимания, региона прямого доступа и активированной части долговременной памяти. Также рассматривается модель основанного на времени разделения ресурсов П. Барруиллэ и модель долговременной РП К. Эриксона и В. Кинча. Дается краткая характеристика основным нейрофизиологическим подходам к изучению РП. Соотносятся понятия РП, первичной памяти, кратковременной памяти (КВП) и долговременной памяти (ДВП). Отмечается двойственность определяемых современными концепциями памяти отношений РП и ДВП, связанной с частичным пересечением этих понятий.

Также рассматривается роль РП в осуществлении познавательных функций. Показатели РП обнаруживают корреляции с рядом когнитивных показателей, относящихся к разным уровням организации познавательной сферы (скорость обработки, сенсорная дискриминация, вербальные и пространственные способности, умозаключения). Рассматривается роль РП в саморегуляции поведения и приводятся примеры возможных механизмов влияния РП на эффективность саморегуляции.

Описывается прикладное значение исследований РП, функциональные возможности которой определяют эффективность различных видов сложной деятельности человека.

В главе 2 дается характеристика процессам хранения и переработки информации в РП. В разделе 2.1 отмечается, что в системе структур и процессов, обеспечивающих накопление опыта, РП выполняет функцию сохранения продуктов актуальной психической деятельности и их трансформации для достижения текущих целей. Рассматриваются характерные особенности РП как системы хранения информации – в первую очередь, ограниченность объема хранения информации в РП. В свете проблемы функциональной организации РП обсуждаются литературные данные об ограничении объема хранения 3-4 элементами. К характерным особенностям РП также относятся специфичность кодирования информации в РП и использование особых «контрольных» процессов переработки информации.

В разделе 2.2 рассматриваются вопросы организации переработки информации в РП. Дается обзор основных аспектов переработки информации в информационном и когнитивном подходах к психике, таких как скорость переработки, возможность выделения этапов переработки, её параллельность или последовательность, возможность выделения элементарных операций переработки. Проводится различие между процессами переработки информации в РП и «контрольными» процессами управления содержимым РП. Отмечается, что активные процессы переработки информации в РП могут оказывать влияние на переработку информации в различных когнитивных подсистемах, в частности, в системе переработки зрительной информации.

Обсуждается соответствие современных представлений о переработке информации в РП представлениям об обусловленности познавательной деятельности работой единого «процессора» с ограниченной пропускной способностью (Broadbent, 1958; Kahneman, 1973). Отмечается, что переработка информации в РП может определяться сложными взаимодействиями контролируемых и автоматических процессов. Рассматриваются конкретные механизмы переработки информации в РП на примере выполнения заданий на обновление РП. Обсуждаются стратегии и механизмы переработки комплексной информации в РП, необходимость которой возникает при решении реалистичных, экологически валидных задач.

В разделе 2.3 обсуждаются вопросы взаимодействия РП и ДВП. Вопрос о связи хранения информации в РП и ДВП трактуется в контексте изучения процессов извлечения информации. Рассматриваются феномены зависимости между РП и извлечением информации из эпизодической ДВП: эффекты использования арифметических фактов в процессе решения арифметических задач, эффекты разделения «активации» в процессе решения уравнений, негативный эффект частичного извлечения, эффекты влияния объема РП на эффективность извлечения в условиях интерференции и др. Демонстрируется роль РП в извлечении информации из

семантической ДВП. Рассматривается вопрос о влиянии РП на сохранность информации в ДВП. Обсуждаются эмпирические свидетельства влияния организации информации в ДВП на её переработку и хранение в РП.

В разделе 2.4 рассматривается роль интерференции как основного фактора нарушения эффективности хранения информации в РП. Особое внимание уделяется исследованиям влияния проактивной интерференции. Рассматриваются феномены «иммунитета к интерференции» - устойчивости удерживаемого в РП небольшого количества информации к негативному действию интерференции. Дискутируются результаты о связи объема РП и эффективности процессов подавления интерференции. В частности, рассматриваются данные о связи индивидуальных характеристик РП с эффективностью выполнения теста Струпа, задачи на антисаккаду и задачи дихотического слушания. Обсуждается роль изменений в способности к подавлению интерференции в возрастных изменениях объема РП.

В разделе 2.5 обсуждается роль неспецифических когнитивных ресурсов в реализации функций РП. Рассматриваются корреляционные свидетельства того, что за конструктором РП стоят доменно-неспецифические ресурсы контроля когнитивных процессов, обуславливающие его связь с реализацией сложных познавательных функций. Роль неспецифических ресурсов в реализации функций РП рассматривается на примере связи феномена «моргания внимания» и объема РП, а также зависимости динамического распределения ресурсов, обеспечивающих хранение информации в РП, от мотивационных переменных. Дискутируются нейрофизиологические свидетельства участия неспецифических когнитивных ресурсов в реализации функций РП.

В главе 3 описываются актуальные подходы к описанию структуры и функциональной организации РП. В разделе 3.1 рассматриваются различные представления о структуре РП: представления о недифференцированной РП, представления о выделении в составе РП компонентов хранения и переработки, представления о дифференциации структуры РП на основе модальности хранимой информации. Обсуждаются свидетельства существования в составе РП различных систем хранения на основе механизмов КВП и ДВП, полученные при изучении распределения времени реакции при выполнении задач на РП. Рассматриваются активационные модели структуры РП, в которых выделяется компонент переработки информации и компоненты хранения разной модальности и разного активационного статуса.

В разделе 3.2 обсуждается проблема взаимодействия процессов хранения и переработки информации в РП. Отмечается, что такое взаимодействие может принимать сложные формы. Рассматриваются основные концепции взаимодействия хранения и переработки в РП: концепция разделения ресурсов и концепция переключения внимания, а также связанный с концепцией переключения внимания тезис о независимости процессов хранения и переработки информации в РП.

Обсуждаются результаты исследований эффектов, отражающих взаимодействие хранения и переработки в РП: эффекта порядка стимулов и эффекта времени переработки. Дискутируются возможные механизмы взаимодействия процессов хранения и переработки. Рассматриваются результаты корреляционных исследований взаимодействия хранения и переработки, в частности, специфика корреляционных взаимосвязей показателей эффективности оперативного хранения и скорости переработки информации в РП.

В разделе 3.3 описывается роль процессов внимания в РП. Отмечается, что механизмы внутреннего внимания играют важную роль в успешном подавлении интерференции со стороны ментальных репрезентаций, иррелевантных к содержанию актуально решаемой задачи. Роль внимания в РП также рассматривается в рамках ресурсного подхода, для которого характерны представления об ограниченности ресурсов внимания, обеспечивающих функционирование РП. Рассматривается наличие выраженного влияния процессов внимания на реализацию контролируемых и автоматических мнестических процессов РП и ДВП (кодирование информации, извлечение информации). Выделяются специфические функции внимания в этой связи (поддержка высокого уровня активации репрезентаций в РП; активация репрезентаций, хранящихся в ДВП; подавление активации иррелевантных репрезентаций). Отмечается, что влияние внимания на реализацию функций РП является особенно важным в условиях повышенной интерференции.

В разделе 3.4 приводятся сведения о возможном участии РП в решении познавательных задач. Рассматриваются свидетельства корреляции индивидуальных характеристик РП с текущим интеллектом. Отмечается, что конкретная роль механизмов РП в реализации текучего интеллекта остается до сих пор малоизученной. Рассматриваются возможные механизмы влияния индивидуальных особенностей РП на эффективность осуществления сложной деятельности, такой как изучение иностранных языков и управление техническими системами.

В разделе 3.5 рассматривается ряд недостаточно разработанных проблем, связанных с особенностями структуры и динамики реализации РП. Отмечается, что центральным вопросом характеристики функциональной организации РП человека является вопрос о её структуре, в частности, вопрос об однородности/неоднородности структуры РП. Перспективной для дальнейшего изучения представляется концепция уровневой организации РП с выделением в её составе трех компонентов, имеющих различные функциональные особенности: фокуса внимания, региона прямого доступа и активированной части ДВП. Обсуждаются свидетельства подобной дифференцировки структуры РП (ограничения объема РП, ограничения объема фокуса внимания, динамика скорости извлечения информации из РП). Дискутируются возможные особенности взаимодействия между компонентами РП (между фокусом внимания и контролирующими инстанциями РП и между модально-специфическими компонентами хранения).

Отмечается, что при изучении функциональной организации РП открытым остается вопрос о специализированных механизмах, обеспечивающих реализацию компонентов РП. Обсуждается ряд гипотетических механизмов: механизм управления вниманием, механизм поиска информации в РП и ДВП, механизмы загрузки информации в компоненты РП, механизмы обмена информацией между компонентами РП, а также механизмы контроля интерференции. Также рассматриваются особенности выполнения разных классов заданий на РП и обеспечивающие их когнитивные механизмы. Обсуждаются возможные механизмы выполнения сложных заданий на определение объема РП, заданий на обновление РП. Отмечается, что сходство и различия в механизмах выполнения задач на обновление РП и сложных задач на определение объема РП могут прояснить противоречивые литературные данные о их корреляциях.

В связи с изучением динамики функционирования РП ставится вопрос о роли неспецифических когнитивных ресурсов в поддержке функционирования РП. Это влияние может ограничиваться обеспечением функций доменно-неспецифических компонентов РП, таких как центральный исполнитель, фокус внимания или эпизодический буфер. Доменно-неспецифические ресурсы могут также быть необходимыми для функционирования модально-специфических систем хранения информации. Отмечается, что доменно-неспецифические ресурсы могут использоваться при реализации различных механизмов РП. Они могут использоваться в целях осуществления когнитивной переработки удерживаемой в РП информации, в целях обеспечения удержания информации в РП, с целью ре-активации удерживаемых в РП элементов, а также с целью поддержки процессов перемещения информации между компонентами хранения, входящими в состав РП. Таким образом, неспецифические ресурсы могут играть важную роль в обеспечении функционирования РП в целом. В заключение отмечается, что решение открытых вопросов структурно-функциональной организации РП важно для понимания роли взаимодействия структурных элементов РП в осуществлении целенаправленной деятельности человека.

В главе 4 описывается серия исследований, направленных на изучение структуры РП. В разделе 4.1 описывается исследование структуры РП на материале заданий на определение объема РП. Проведенное исследование было направлено на проверку предположения о возможности выделения в структуре РП трех независимых компонентов, различающихся по объёму и надежности хранения информации: фокуса внимания, региона прямого доступа и активированной части ДВП.

В исследовании приняло участие 36 человек (студенты МГУ, 28 женщин, возраст 18-25 лет). Оценивалось влияние факторов нагрузки на РП, интерференции между репрезентациями в РП и сложности когнитивной переработки на эффективность выполнения заданий на определение объема РП (в заданиях этого типа задача удержания в РП набора элементов сопровождается выполнением дополнительной

задачи по переработке). Проводилось три эксперимента с использованием заданий на определение объема счета, объема операций и объема оценки четности с удержанием множеств величиной от 2 до 6 элементов. Сводные результаты проведенных экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Размер эффекта ( $\eta^2$ ) и уровень значимости для всех экспериментальных эффектов в экспериментах 1,2 и 3 (К – количество информации, С

| Эффект | $\eta^2$      |               |               |
|--------|---------------|---------------|---------------|
|        | Эксперимент 1 | Эксперимент 2 | Эксперимент 3 |
| К      | 0.77***       | 0.78***       | 0.81***       |
| И      |               |               | **            |
| С      | 0.73***       | 0.16          |               |
| К×И    |               | *             | *             |
| К×С    |               |               |               |
| И×С    |               | .02           | 0.01          |
| К×И×С  | 0.08          | 0.12          | 0.06          |

Влияние нагрузки свидетельствует о возможности выделения в составе РП специализированного компонента хранения небольшого объема (3-4 элемента), обеспечивающего надежное хранение информации в условия действия факторов угасания и интерференции (регион прямого доступа). Обнаружено значимое взаимодействие количества информации и интерференции, которое проявляется в более выраженном негативном действии интерференции при нагрузке более 3-4 элементов. Эти результаты подтверждают предположение о существовании в структуре РП двух качественно различных компонентов хранения, по-разному устойчивых к действию интерференции (регион прямого доступа и активированная часть ДВП). Отсутствие значимых взаимодействий сложности обработки (фактора, селективно влияющего на фокус внимания) и остальных экспериментальных факторов свидетельствует об особом статусе фокуса внимания в РП и об его изолированности от других компонентов РП.

В разделе 4.2 структура РП и выделение в её составе компонентов фокуса внимания, региона прямого доступа и активированной части ДВП изучалось на материале заданий на обновление РП (закрывающихся в удержании в РП набора и изменяющихся репрезентаций и воспроизведении актуальной репрезентации по запросу). С этой целью варьировались факторы, влияющие на эффективность функционирования компонентов РП: нагрузка на РП, сложность переработки, интерференция, длительность удержания информации в РП.

Проводилась серия экспериментов с использованием двух заданий на обновление РП – задания на обновление счетчиков и задания n-back. В экспериментах

участвовало 20 человек (студенты МГУ, 12 женщин, возраст 19-26 лет). В эксперименте 1 с использованием задания обновления счетчиков обнаружен негативный эффект увеличения нагрузки на РП и негативный эффект увеличения длительности удержания информации РП. Также было обнаружено значимое взаимодействие нагрузки на РП и длительности удержания, при котором негативный эффект длительности удержания был более выражен при нагрузках на РП, превышающих объем хранения в регионе прямого доступа (3-4 элемента). Было обнаружено, что фактор сложности переработки, селективно влияющий на эффективность функционирования фокуса внимания, не взаимодействует с фактором нагрузки ( $\chi^2=2,25$ ,  $p>0,1$ ) и фактором длительности удержания ( $F(23, 3580)=0,98$ ,  $p>0,05$ ).

В эксперименте 2 с использованием задания n-back обнаружен негативный эффект нагрузки, интерференции и сложности переработки. Факторы нагрузки и интерференции (связанные с использованием активированной части ДВП) взаимодействовали (эффект интерференция значим только в условии с максимальной нагрузкой,  $\chi^2(1)=6,3$ ,  $p<0,05$ ). Для фактора сложности переработки (селективно связанного с фокусом внимания) не обнаружено взаимодействия с интерференцией ( $F(2, 4691)=0,58$ ,  $p>0,1$ ). Взаимодействие сложности переработки с нагрузкой на РП не обнаружено для точности (все  $\chi^2(1)>6,0$ ,  $ps<0,05$ ), но обнаружено для времени реакции ( $F(2, 4691)=18,3$ ,  $p<0,001$ ).

Полученные результаты хорошо согласуются с результатами, приведенными для задач на определение объема РП (раздел 4.1), и свидетельствуют о возможности выделения в составе РП компонентов фокуса внимания, региона прямого доступа и активированной части ДВП. Переработка информации в фокусе внимания изолирована от негативного действия факторов, влияющих на эффективность хранения информации в других компонентах РП. Регион прямого доступа и активированная часть ДВП различаются по объему удерживаемой информации, причем информация в регионе прямого доступа устойчива к распаду с течением времени и негативному действию интерференции.

В разделе 4.3 описывается исследования особенностей хранения информации в РП у лиц с возможными нарушениями механизмов ДВП – носителей аллеля  $\epsilon 4$  гена апополипротеина Е (Аро $\epsilon$ - $\epsilon 4$ ). Носительство Аро $\epsilon$ - $\epsilon 4$  (генотип АРОЕ-4) является ведущим риск-фактором развития болезни Альцгеймера. Для здоровых носителей этого аллеля характерны нарушения эпизодической ДВП (Samieri et al., 2002). В исследовании приняли участие 13 носителей АроЕ-  $\epsilon 4$  (9 женщин, носители аллелей  $\epsilon 3/\epsilon 4$ , средний возраст 45,5 лет) и 22 не-носителя АроЕ-  $\epsilon 4$  (17 женщин, носители аллелей  $\epsilon 3/\epsilon 3$ , средний возраст 47,5 лет, различие по возрасту статистически незначимо,  $p>0,05$ ). Использовались задание на определение объема операций, задание n-back и задача на антисаккаду. Результаты сравнения средних показали отсутствие значимых различий между выборками носителей и не-носителей по всем показателям (U от 66 до 90, p от 0,21 до 0,89). Однако между носителями и не-носителями

обнаруживаются выраженные различия корреляций между показателями эффективности выполнения разных классов заданий на РП.

У не-носителей (не АРОЕ-4) показатели эффективности оперативного хранения при удержании последовательностей разной длины коррелируют между собой, что говорит о согласованном использовании различных систем хранения в составе РП. У носителей (АРОЕ-4) такие корреляции отсутствуют, что говорит об использовании различных стратегий оперативного хранения в условиях нарушений ДВП. Обнаружено, что у не-носителей, но не у носителей, эффективность выполнения различных заданий на РП коррелирует, что свидетельствует о большом разнообразии стратегии выполнения заданий на РП у носителей АроЕ-ε4. В выборке не-носителей, но не в выборке носителей, обнаружены корреляции объема операций с эффективностью выполнения задания на антисаккаду, отражающего эффективность подавления интерференции и произвольного контроля внимания (рис. 1). Эти результаты свидетельствуют о том, что контроль внимания поддерживает оперативное хранение информации в активированной части ДВП у не носителей, но не у носителей. Полученные результаты свидетельствуют о том, что носители используют специфические стратегии решения задач на РП, отличающиеся от стратегий, используемых не-носителями, в силу нарушения у них функционирования ДВП. Результаты также говорят о том, что РП может обеспечивать реализацию необходимых для решения задач переработки и хранения информации функций при помощи различной структурной организации.

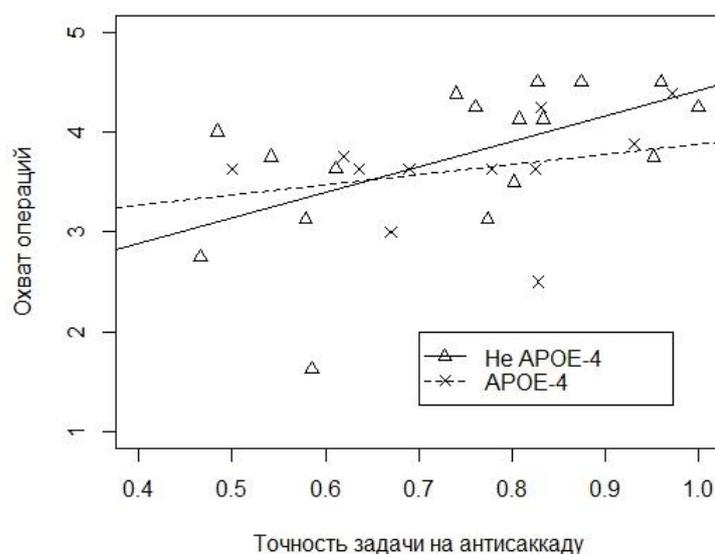


Рис. 21. Зависимость показателя объема операций от точности выполнения задания на антисаккаду в выборках носителей АроЕ-ε4и не-носителей.

В разделе 4.4 описывается серия исследований позиционных эффектов, возникающих при выполнении заданий на РП. В исследовании 1 приняли участие 36 человек (студенты МГУ, 28 женщин, возраст 18-25 лет), выполнявших задания на определение объема РП (объем операций, объем счета, объем оценки четности). Было обнаружено, что для всех трех заданий наблюдаются позиционные эффекты (объем счета -  $F(5, 1755)=2,68$ ;  $p<0,05$ ; объем операций -  $F(5, 1914)=7,12$ ;  $p<0,05$ ; объем оценки четности -  $F(5,2074)=12,5$ ;  $p<0,001$ ). При этом если для заданий на определение объема счета и объема оценки четности наблюдались как эффект первичности, так и эффект недавности, то для задания на определение объема операций – только эффект недавности (рис. 2).

В исследовании 2 применялись те же задания. В исследовании приняло участие 38 человек (студенты МГУ, 25 женщин, возраст 18-30). При выполнении задания на определение объёма счета обнаружен значимый позиционный эффект –  $F(5, 1556)=5,32$ ;  $p<0,001$ . Позиционные эффекты также были обнаружены для задания на определение объема операций ( $F(5, 1634)=3,37$ ;  $p<0,01$ ) и для задания на определение объема оценки четности ( $F(5, 1594)=3,31$ ;  $p<0,01$ ). Для заданий на определение объема счета и объем оценки четности наблюдается как эффект первичности, так и эффект недавности, а для задания на определение объема операций – только эффект недавности, превышающий эффекты недавности, обнаруживаемые для остальных заданий.

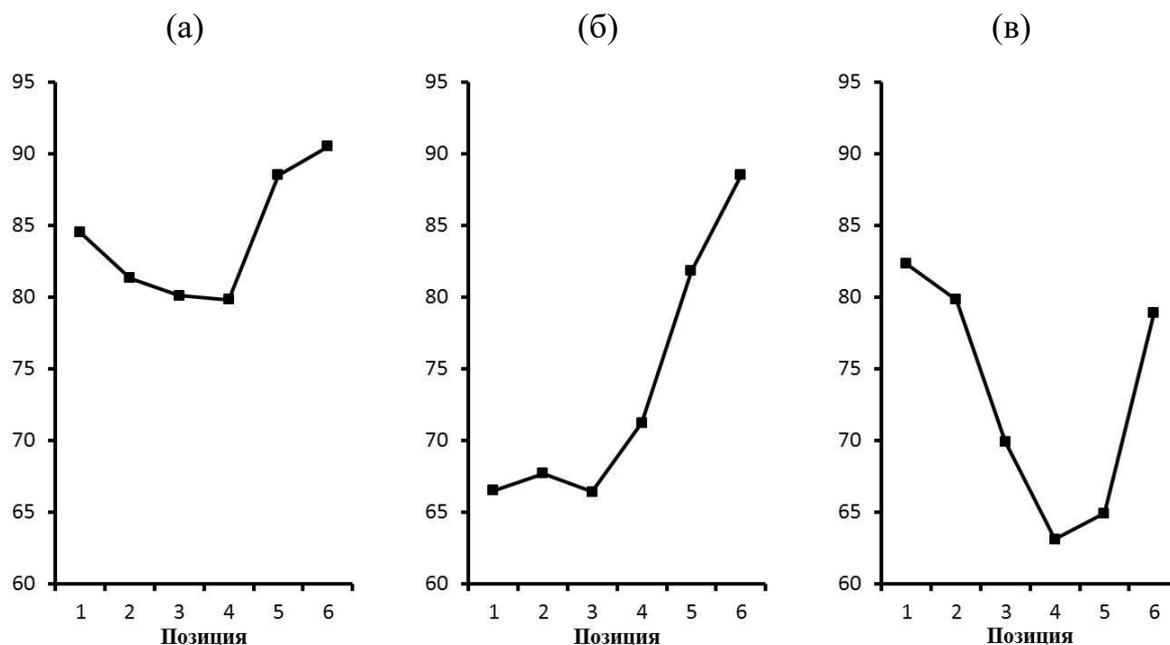


Рис. 2. Позиционные кривые (% верных воспроизведения в зависимости от позиции элемента в последовательности) для каждого из заданий, исследование 1: (а) – объём счета, (б) – объём операций, (в) – объём оценки четности.

Полученные результаты свидетельствуют о наличии выраженных позиционных эффектов при выполнении заданий на РП, что говорит об обеспечении функционирования РП механизмами как кратковременного, так и долговременного хранения. Позиционные эффекты зависят от сложности переработки информации в РП (при высокой сложности переработки эффект первичности не наблюдался), что обусловлено отвлечением когнитивных ресурсов, необходимых для трансфера информации из региона прямого доступа в активированную часть ДВП. Усиление эффекта недавности при выполнении задания на определение объёма операций может быть вызвано компенсаторной тенденцией к увеличению общей эффективности выполнения задания в ситуации, когда использование ДВП для оперативного хранения информации не представляется возможным.

В главе 5 рассмотрены исследования функциональных механизмов РП. В разделе 5.1 описывается исследование структуры корреляций между показателями эффективности выполнения разных классов заданий на РП (N=39, 18-30 лет, 25 женщин). Использовались три класса заданий на РП: задания на определение объема РП (задания на определение объема счета и объема операций), задания на определение «непрерывного» объема РП (задания на определение объема чтения букв и объема оценки четности) и задания на обновление РП (задание на обновление счетчиков и задание n-back). Факторный анализ (метод главных компонент с Варимакс-вращением) обнаружил три фактора, суммарно объясняющие более 70% дисперсии. В фактор 1 вошли показатели объема и непрерывного объема РП, причем последние — с несколько меньшими нагрузками. В фактор 2 вошли показатели точности выполнения заданий на обновление, а также один из показателей непрерывного объема — объем обновления четности. В фактор 3 вошли показатели времени реакции в заданиях на обновление РП, а также показатель объема чтения букв (таблица 2).

Таблица 2. Факторные нагрузки показателей объема рабочей памяти и эффективности обновления рабочей памяти для трех факторов, выделенных в ходе факторного анализа.

| Показатель | Фактор 1<br>(36%) | Фактор 2<br>(19%) | Фактор 3<br>(14%) |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ОС         | 0.719             | 0.062             | -0.047            |
| ОО         | 0.839             | 0.085             | 0.147             |
| ОЧБ        | 0.595             | 0.173             | 0.447             |
| ООЧ        | 0.589             | 0.599             | -0.130            |
| СЧ         | 0.100             | 0.849             | 0.150             |
| СЧ-ВР      | -0.038            | 0.008             | 0.922             |
| НБ         | 0.078             | 0.874             | 0.088             |
| НБ-ВР      | 0.150             | 0.143             | 0.849             |

*Примечание.* ОС — объем счета, ОО — объем операций, ОЧБ — объем чтения букв, ООЧ — объем оценки четности, СЧ — точность в задании обновления счетчиков, СЧ-

ВР — время реакции в задании обновления счетчиков, НБ — точность в задании n-back, НБ-ВР — время реакции в задании n-back. Курсивом выделены нагрузки со значением более 0.3.

Полученная факторная структура соответствует представлениям о наличии в составе РП трех компонентов с разными функциями. Фактор 1 связан с эффективностью выполнения заданий на объем РП, количество удерживаемой информации в которых превышает типичные показатели объема РП. Фактор 1 может быть ассоциирован с компонентом, ответственным за оперативное хранение большого количества информации - активированной ДВП. Фактор 2 преимущественно содержит показатели точности выполнения заданий на обновление РП. Так как при выполнении заданий на обновление необходимо удерживать 2—3 элемента информации, фактор 2 может быть ассоциирован с компонентом, обеспечивающим оперативное хранение небольшого количества информации — регионом прямого доступа. Фактор 3 содержит показатели скорости выполнения заданий на обновление РП, а также показатель объема чтения букв. Время реакции в первую очередь связано с процессами переработки информации, что указывает на связь фактора 3 с фокусом внимания. Выделение трех независимых факторов опровергает предположение об одномерности конструкта РП и свидетельствует об относительной независимости процессов хранения и обработки в РП. Полученные результаты также подтверждают гипотезу об использовании в РП разнородных систем хранения.

В разделе 5.2 приводятся результаты исследования факторной структуры показателей эффективности выполнения заданий на РП методами структурного моделирования (исследование проведено на эмпирическом материале, описанном в разделе 5.1). При этом количественно сопоставлялись гипотезы о числе и составе факторов, образующих структуру РП и гипотезы о связях или о независимости выделенных факторов.

Для проверки гипотезы о количестве и содержании факторов, соответствующих компонентам РП, были сопоставлены нескольких моделей. Связи между факторами моделировались в виде свободных параметров. При сопоставлении моделей использовались индексы  $\chi^2$ , CFI, RMSEA и SRMR. По теоретическим соображениям и в соответствии с результатами проведенных исследований сравнивались модели с 1, 2 и 3 факторами. Для моделей с одним и двумя факторами было обнаружено неудовлетворительное соответствие данным. Модели с тремя факторами удовлетворительно соответствовали данным. Для них была проведена проверка гипотез о наличии связей между отдельными факторами (гипотезы о существовании ненулевых путей коэффициентов между отдельными факторами, всего сравнивалось 8 моделей). Наиболее обоснованной представляется трехфакторная модель с корреляцией между факторами 1 и 2 ( $\chi^2(15)=18,1$ ,  $p>0,1$ ; CFI =0,97; SRMR=0,1; RMSEA=0,07), представленная на рис. 3.

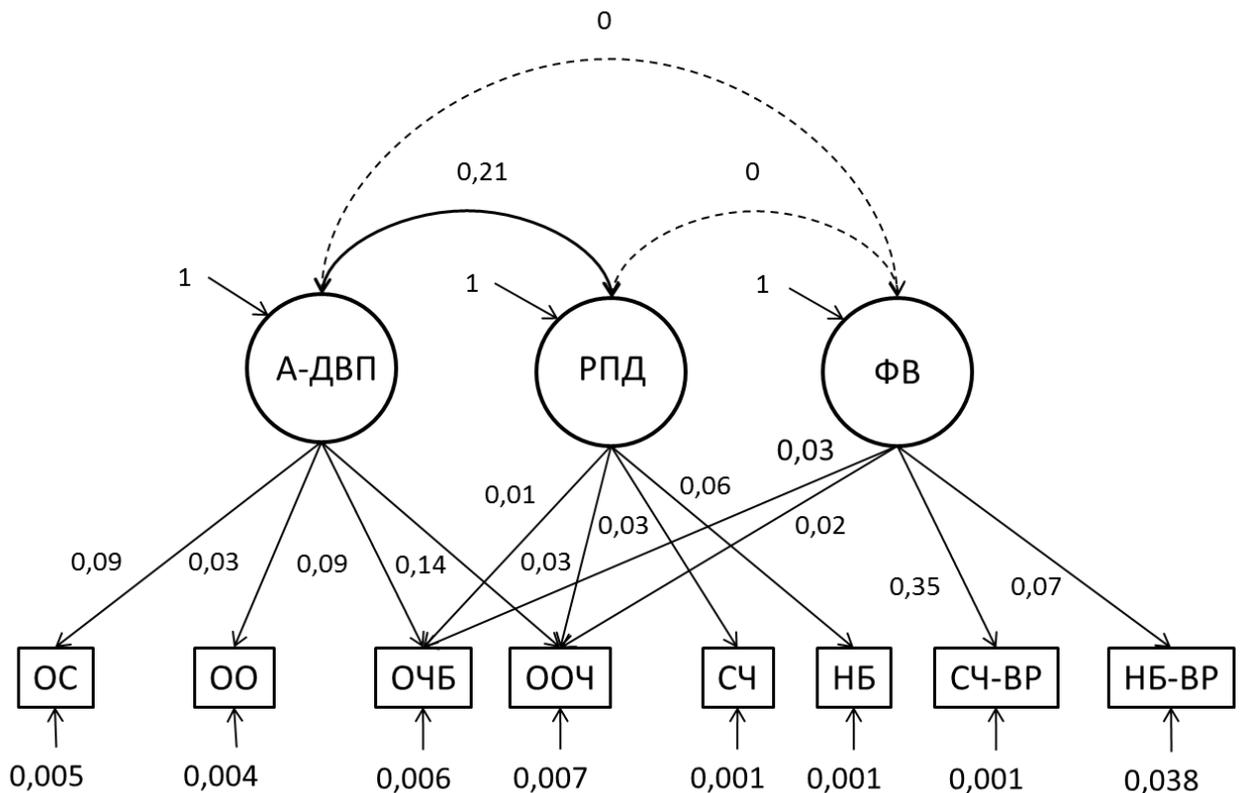


Рис. 3. Структурная модель 4 с тремя факторами и корреляцией факторов 1 и 2 (А-ДВП – активированная ДВП, РПД – регион прямого доступа, ФВ – фокус внимания, ОС – объем счета, ОО – объем операций, ОЧБ – объем чтения букв, ООЧ – объем оценки четности, СЧ – точность в задании обновления счетчиков, СЧ-ВР – время реакции в задании обновления счетчиков, НБ – точность в задании n-back, НБ-ВР – время реакции в задании n-back).

Распределение показателей по факторам для моделей с тремя факторами показывает, что отдельные факторы могут быть ассоциированы с компонентами РП, выделяемыми в концентрической модели – фокусом внимания, регионом прямого доступа и активированной частью ДВП. Нагруженными по фактору 1 были задания на определение объема РП (включая «непрерывный» объем РП). Эти задания предъявляют особенно высокие требования к хранению информации в ДВП (регион прямого доступа и фокус внимания при выполнении этих заданий преимущественно обеспечивают выполнения дополнительной задачи по переработке). В этой связи представляется возможным интерпретировать фактор 1 как соответствующий активированной части ДВП. По фактору 2 нагруженными были упрощенные задания на определение объема РП и точностные показатели эффективности выполнения заданий на обновление РП. Для хранения информации при выполнении упрощенных заданий на РП возможно использование региона прямого доступа. Задания на обновление РП также преимущественно используют регион прямого доступа. Представляется возможным интерпретировать фактор 2 как соответствующий региону прямого доступа. К фактору 3 относятся «непрерывные» задания на определение объема РП, а также временные показатели эффективности выполнения заданий на

обновление РП. Нагрузку этих показателей по фактору 3 можно ассоциировать с реализацией функций переработки, т.е. с фокусом внимания.

Выявленная структура корреляций между отдельными факторами (нулевые путевые коэффициенты между факторами 1 и 2 и фактором 3, а также ненулевой путевой коэффициент между факторами 1 и 2) подтверждает независимость функционирования фокуса внимания при выполнении заданий на РП, а также наличие механизмов, связывающих регион прямого доступа и активированную часть ДВП – предположительно, механизмов обмена информацией между этими компонентами РП. Полученные результаты говорят о возможности выделения в структуре РП компонентов хранения информации с различными функциональными свойствами и возможностью обмена информацией между ними, и компонента, обеспечивающего переработку информации в фокусе внимания.

В разделе 5.3 приведены результаты исследования зависимости функций РП от функций когнитивного контроля, обеспечивающих настройку познавательной сферы на реализацию целенаправленной деятельности в заданном контексте. Изучалось влияние двух элементарных функций контроля – подавления интерференции и переключения между установками – на эффективность обновления РП (n-back). Для оценки функции подавления использовались фланговая задача Эриксонов, задача Go-No Go и задача на антисаккаду, а для оценки функции переключения – задачи на переключение (чередующаяся оценка четности-нечетности цифр и гласности-согласности букв для предъявляемых пар буква-цифра) со случайным и предсказуемым чередованием задач. В исследовании приняли участие 60 испытуемых (студенты МГУ, 52 женщины, возраст 18-21 лет).

Скорость переключений при случайной смене задач оказывается связанной со скоростью выполнения задания на обновление РП ( $|r|$  от 0,217 до 0,333,  $p < 0,05$ ). В случае задания с предсказуемым переключением обнаруживается связь общей точности выполнения задания на переключение с различными временными и точностными показателями задания n-back ( $|r|$  от 0,270 до 0,477,  $p < 0,05$ ). Также обнаруживается специфическая связь эффективности переключения («стоимости переключения») с временными показателями n-back, общей точностью выполнения задания n-back и точностью верных реакций на сигнальное событие ( $|r|$  от 0,235 до 0,411,  $p < 0,05$ ). Многочисленные связи показателей n-back и точности выполнения задания на переключение говорят о тесном влиянии эффективности переключения на обновление РП.

При анализе показателей эффективности подавления для задания на антисаккаду было обнаружено влияние точности выполнения на точность выполнения задания n-back ( $|r|$  от 0,365 до 0,395,  $p < 0,05$ ). Для фланговой задачи Эриксонов были получены данные о связи общей точности выполнения этого задания с большинством показателей точности выполнения задания n-back ( $|r|$  от 0,261 до 0,357,  $p < 0,05$ ). Кроме

того, на точность выполнения задания n-back влияет эффективность подавления интерференции ( $|r|$  от 0,212 до 0,327,  $p < 0,05$ ). Как и для остальных заданий на подавление, для задания Go-No Go точность подавления связана с различными показателями точности выполнения задания n-back ( $|r|$  от 0,375 до 0,458,  $p < 0,05$ ). Также обнаруживается, что точность верных реакций на сигнальное событие прямо связана с различными показателями скорости выполнения обновления ( $|r|$  от 0,280 до 0,290,  $p < 0,05$ ).

Результаты исследования свидетельствуют о влиянии когнитивного контроля на функции РП. Обнаружены связи эффективности переключения и скорости выполнения задания n-back, говорящие об участии процессов переключения фокуса внимания в переработке информации в РП. Эффективность подавления интерференции для всех тестов на подавление связана с точностью n-back – показателя, отражающего эффективность хранения информации в РП. Возможная роль интерференции как фактора забывания в РП приводит к тому, что в условиях экзогенной и эндогенной активации интерферирующей информации эффективное функционирование процессов произвольного подавления становится важной предпосылкой оперативного хранения информации.

В разделе 5.4 рассмотрено, как нагрузка на вербальную РП влияет на динамику выполнения зрительно-пространственной задачи (зрительный поиск). В эксперименте приняли участие 16 человек (студенты МГУ, 14 женщин, возраст 20-25 лет). Во время зрительного поиска осуществлялась регистрация движений глаз с помощью системы бесконтактной видеорегистрации движений глаз Eyelink 1000 производства SR Research (Канада) с частотой 250 Гц. Основной задачей испытуемых было определение наличия изображений людей на фотографиях городских сцен. Для манипуляции нагрузкой на РП в одном из экспериментальных условий при выполнении зрительного поиска испытуемые удерживали в памяти 4 случайно отобранные цифры.

Было обнаружено, что в условиях нагрузки на вербальную РП изменяются параметры глазодвигательной активности. Нагрузка на вербальную РП приводила к увеличению средней амплитуды саккад ( $5,7^\circ$  без нагрузки и  $6,2^\circ$  с нагрузкой,  $t(15) = -8,33$ ,  $p < 0,001$ ), а также средней ( $161$  °/сек и  $171$  °/сек,  $t(15) = -7,8$ ,  $p < 0,001$ ) и пиковой скорости саккад ( $190$  °/сек и  $202$  °/сек,  $t(15) = -6,2$ ,  $p < 0,001$ ). Подгонка экспоненциально-гауссовских распределений к эмпирическим распределениям длительности саккад показало увеличение средней продолжительности фиксации ( $t(14) = -2,33$ ,  $p < 0,05$ ), а также доли долгих фиксации в условиях с нагрузкой на РП ( $t(14) = 2,34$ ,  $p < 0,05$ ). Нагрузка на вербальную РП также привела к увеличению разброса продолжительности фиксации ( $t(14) = -3,95$ ,  $p < 0,05$ ). Полученные результаты свидетельствуют о том, что увеличение нагрузки на вербальную РП приводит к увеличению когнитивной сложности выполнения задания, привлекающего ресурсы зрительно-пространственной РП. Может быть сделан вывод об обеспечении функционирования модально-специфических компонентов РП неспецифическими когнитивными ресурсами,

динамически распределяемыми между компонентами в зависимости от требований решаемых задач.

В разделе 5.5 описывается прикладное исследование влияния функциональной организации РП на навигацию в меню мобильного вычислительного устройства. В исследовании приняли участие 8 человек (студенты МГУ, 4 женщины, возраст 21-22 года). В среде для создания поведенческих экспериментов E-Prime 2.0 была создана интерактивная модель мобильного телефона, в которой были реализованы несколько иерархических меню разной степени сложности. Задачей испытуемых был выбор заданных экспериментатором функций в меню. Для манипуляции уровнем нагрузки на РП испытуемого использовалась методика дополнительной задачи. В условии с нагрузкой испытуемым предъявлялись звуковые сигналы, при определенном количестве которых они должны были реагировать нажатием на клавишу.

Обнаружено, что при нагрузке на РП статистически значимо увеличивается общее время навигации ( $F(1, 1511) = 21.9, p < 0.001$ ). Также статистически значимо увеличилось среднее время одного перехода между уровнями меню,  $F(1, 1511) = 41.9, p < 0.001$ , и время, необходимое для выполнения первого перехода,  $F(1, 1511) = 9.1, p < 0.01$ . Обнаружено взаимодействие нагрузки на РП и количества переходов, необходимого для достижения цели. В условии с нагрузкой общее время навигации увеличивается сильнее, когда количество необходимых переходов превышает 3 ( $F(1, 1509) = 4.2, p < 0.05$ , рис. 4а). При нагрузке на РП также исчезает эффект увеличения скорости навигации при большом (4 перехода) необходимом количестве переходов ( $F(1, 1509) = 2.3, p < 0.1$ ).

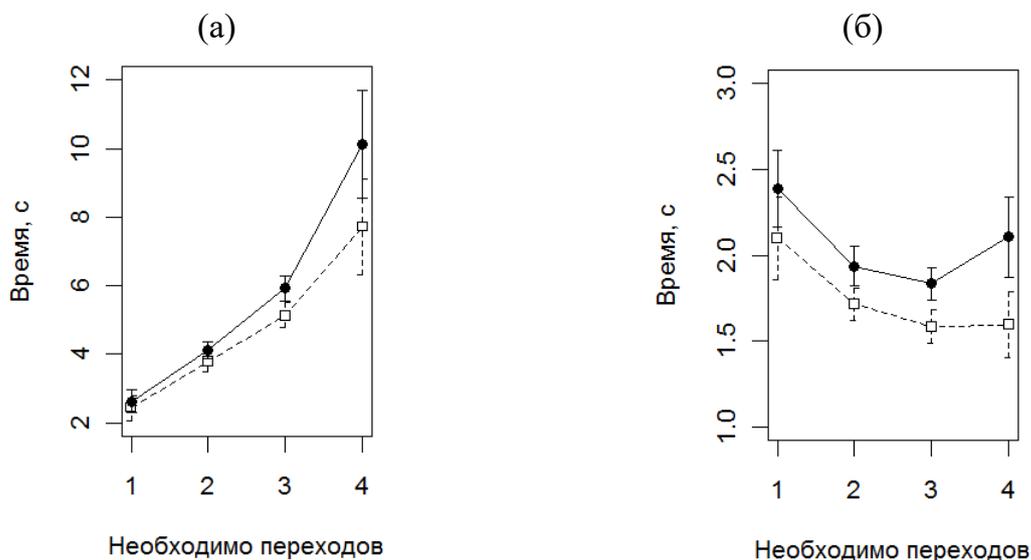


Рис. 4. Зависимость общего времени навигации в меню мобильного устройства (а) и скорости навигации (б) от нагрузки на РП испытуемого и необходимого количества переходов (штрихованная линия – условие с нагрузкой)

Полученные результаты свидетельствуют о том, что РП используется при навигации в компьютерных меню. Влияние ограничений РП на эффективность навигации может быть связано как с планированием, так и с контролем навигации. В частности, при превышении необходимым количеством переходов объема хранения региона прямого доступа, а также при необходимости выполнять дополнительную задачу переработки в фокусе внимания, регистрируется резкое снижение эффективности навигации (что связано с необходимостью «выгрузки» части информации в активированную часть ДВП). Таким образом, при решении сложной динамической задачи, такой как навигация в меню, реализация функций хранения и переработки информации распределяются между компонентами РП в соответствии с их функциональными ограничениями и требованиями текущей задачи.

В главе 6 на основе описанных в главах 4 и 5 результатов рассматриваются возможные решения открытых вопросов функциональной организации РП, сформулированных в разделе 3.5.

В разделе 6.1 рассматривается вопрос о неоднородности РП. Полученные результаты подтверждают выделение в РП региона прямого доступа - специализированной системы хранения небольшого объема, обеспечивающий максимальный уровень активации репрезентаций и их высокую устойчивость к действию интерференции и угасанию. Выделение этой системы хранения обосновывается, например, эффектами нагрузки на РП и взаимодействия нагрузки и интерференции при выполнении заданий на определение объема РП и на обновление РП, а также эффектами снижения эффективности навигации в меню при необходимости осуществления значительного количества переходов.

В составе РП также можно выделить специализированный компонент, связанный с переработкой оперативно удерживаемой информации – фокус внимания. Функцией фокуса внимания является удержание репрезентации, являющейся предметом переработки. Отмечается, что перемещение фокуса внимания среди репрезентаций, удерживаемых в РП, обеспечивается процессами когнитивного контроля и контроля внимания. Особенностью фокуса внимания является его изолированность от остальных компонентов РП, что проявляется в независимости действия факторов, влияющих на эффективность оперативного хранения, на эффективность переработки в фокусе внимания, а также в выделении показателей эффективности переработки в отдельный фактор. Дискутируется, в какой мере объем фокуса внимания и региона прямого доступа является статическим или динамическим в зависимости от наличия неспецифических когнитивных ресурсов.

В составе РП можно выделить систему хранения, использующую механизмы ДВП («активированная часть ДВП»), позволяющую удерживать значительные объемы информации. Возможность выделения такой системы хранения находит обоснование в эффектах взаимодействия интерференции и количества удерживаемой информации, в

результатах факторизации показателей эффективности заданий на РП, а также в эффектах сниженных функциональных возможностей ДВП у носителей АроЕ-ε4. Отмечается, что проведенные исследования дают новое эмпирическое обоснование концентрической модели РП. Обсуждается, что использование механизмов кратковременного и долговременного хранения для удержания информации в РП может быть адаптивным, обеспечивая поддержание в активном состоянии различного количества релевантной для решения текущих задач информации.

В разделе 6.2 рассматривается проблема взаимодействия компонентов РП. Отмечается, что одним из механизмов взаимодействия компонентов РП является отбор репрезентаций в фокус внимания из региона прямого доступа. Существование такого механизма подтверждается обнаруженными позиционными эффектами и наличием корреляции скорости выполнения заданий на обновление РП с объемом РП. Также отмечается, что информация в фокус внимания может отбираться также из репрезентаций, относящихся к активированной части ДВП. Возможным механизмом доступа к репрезентациям в активированной части ДВП является их целенаправленная активация до сверхпорогового уровня путем их выбора в фокус внимания. Обсуждаются возможные механизмы поиска информации в ДВП, высказывается предположение о возможности двух-уровневой организации поиска в РП – быстрой параллельной пре-селекции релевантной информации и осуществляемого на его основе последовательного отбора. Дискутируется связь процессов механизмов поиска в РП и механизмов пространственного внимания, представляющая значительный интерес в контексте деятельностного подхода к изучению памяти. Обсуждается, в какой степени выбор репрезентаций в фокус внимания может осуществляться посредством автоматических механизмов «захвата фокуса внимания» репрезентациями с высоким уровнем активации. Рассматриваются возможные механизмы взаимодействия региона прямого доступа и активированной части ДВП. Отмечается, что репрезентации могут «загружаться» в регион прямого доступа с целью актуализации релевантной для решения текущей задачи информации. Не актуальная, но потенциально релевантная информация должны «выгружаться» из региона прямого доступа и удерживаться в активированной части ДВП.

В разделе 6.3 обсуждаются принципы переработки информации в РП и роль неспецифических когнитивных ресурсов в реализации функций РП. Проведенный анализ структуры корреляций показателей выполнения различных заданий на РП позволил выделить фактор, специфически связанный с переработкой информации. В работе также показано, что функции переработки и хранения реализуются в РП независимо. Реализация переработки информации в отрыве от её хранения позволяет обеспечить продолжение целесообразных трансформаций информации даже в условия нарушения функционирования других компонентов РП. Переработка информации в РП может основываться на формировании различных стратегий трансформации когнитивных репрезентаций. Особый вид переработки в РП заключается в

формировании стратегий перекодирования оперативно удерживаемой информации в форму, пригодную для её удержания в ДВП. В разделе также обсуждается состав возможных элементарных операций переработки. Обнаруженные эффекты, в частности, позиционные эффекты, обосновывают предположение, что реализация функций РП требует привлечения неспецифических когнитивных ресурсов. Поддержание репрезентаций РП в активированном состоянии также требует использования неспецифических ресурсов. Поэтому совместная реализация функций хранения и переработки компонентами РП требует динамического распределения ограниченного количества ресурсов, нехватка которых может приводить к изменению особенностей переработки информации в РП.

В разделе 6.4 рассматриваются механизмы, обеспечивающие реализацию функций РП. Важной системой механизмов РП являются механизмы управления вниманием, обеспечивающие активацию релевантных задаче репрезентаций в РП и отбор подлежащей переработке репрезентации в фокус внимания. Механизмы поиска информации в компонентах РП обеспечивают локализацию релевантных элементов информации даже при большом количестве информации. Необходимыми представляются также механизмы распределения неспецифических ресурсов между компонентами РП. Важную роль играют механизмы контроля интерференции, позволяющие подавлять иррелевантные репрезентации, что необходимо в условиях ограничения возможностей РП по хранению и переработке информации. Функциональные механизмы РП представляют собой согласованную систему, элементы которой взаимодействуют с целью оптимизации функционирования РП в целом. Их совместная активность позволяет человеку добиваться высокой эффективности решения задач на основе построения и трансформации когнитивных репрезентаций в РП.

В разделе 6.5 рассматриваются возможные механизмы выполнения различных классов заданий на РП. Для заданий на определение объема РП показано, что при их выполнении задействуются две функционально различные подсистемы РП. Для выполнения задачи переработки информации используется фокус внимания, причем промежуточные результаты переработки откладываются в регионе прямого доступа. Распределение подлежащей удержанию информации между различными подсистемами хранения динамически изменяется в зависимости от количества информации и требований задачи переработки. Для заданий на обновление РП показано использование региона прямого доступа и фокуса внимания. Первая подсистема используется для хранения информации, а вторая – для её обновления. При этом задания указанного типа характеризуются интенсивным перемещением когнитивных репрезентаций между фокусом внимания и регионом прямого доступа, а также необходимостью удаления утратившей актуальность информации из региона прямого доступа. Рассматриваются механизмы выполнения заданий на РП, в которых максимально выражен динамический аспект переработки информации в РП.

Представляется, что для них важны механизмы когнитивного контроля, в частности, механизмы управления и переключения внимания. Задания подобного типа окажутся особенно чувствительными к нарушениям взаимодействия компонентов РП и согласованности работы системы управляющих механизмов РП. В связи с этим они представляются наиболее перспективными средствами оценки функциональных возможностей РП.

В разделе 6.6 обсуждается функциональная организация РП при решении познавательных задач. Представляется, что функциональные механизмы РП используются для построения образа исходной ситуации. Для закрытых задач РП может использоваться также и для построения образа целевой ситуации. Моделирование ситуаций осуществляется с использованием функций оперативного хранения и переработки информации в РП, что обуславливает зависимость между ограничениями РП и интеллектуальными возможностями человека. Важным процессуальным аспектом осуществления сложной познавательной деятельности является использование РП для хранения промежуточных результатов переработки информации. Архитектура РП, предполагающая сочетание различных систем хранения достаточно больших объемов информации, перерабатываемой при решении сложных задач, обеспечивает достижение оптимальной надежности хранения в условиях ограниченности функциональных возможностей РП. Отмечается, что надежность хранения информации в РП при её использовании для решения интеллектуальных задач в большой степени зависит от возможностей индивидуальных процессов подавления интерферирующей информации. Поэтому представляется возможным, что большое значение в решении познавательных задач играют процессы контроля интерференции и управления фокусом внимания. Отмечается роль когнитивных автоматизмов, мотивационных факторов и механизмов удержания цели в РП для решения познавательных задач.

**Заключение.** Диссертационное исследование проводилось с целью выявления особенностей функциональной организации РП как системы оперативного хранения и переработки информации, поддерживающей решение актуальных для человека задач. Для достижения этой цели был реализован комплекс эмпирических исследований особенностей выполнения различных классов заданий, требующих использования РП, в условиях, активирующих различные компоненты и механизмы РП.

На основе проведенных исследований получены результаты о структуре РП и её компонентном составе. Подтверждены представления о возможности выделения в составе РП трех компонентов: фокуса внимания, региона прямого доступа и активированной части ДВП. Полученные результаты свидетельствуют о реализации функции хранения информации в РП механизмами как кратковременного, так и долговременного хранения. Регион прямого доступа представляет собой ассоциированную с механизмами кратковременного хранения систему хранения небольшого объема, обеспечивающую скоростной доступ к надежно сохраняемой

информации. В этой системе хранения удерживается 3-4 независимые когнитивные репрезентации. Информация в регионе прямого доступа слабо подвержена распаду с течением времени или под действием интерференции и может быть использована для решения оперативных задач на микроинтервалах времени. Особенностью активированной части ДВП является значительный объем удерживаемой информации, что позволяет решать задачи со значительными требованиями к количеству перерабатываемой информации. Недостатком этой системы хранения является её зависимость от негативного воздействия интерференции и возможного распада удерживаемых репрезентаций с течением времени.

Полученные результаты также свидетельствуют о реализации функции переработки информации в РП на основе фокуса внимания. Функцией фокуса внимания является удержание одной когнитивной репрезентации, являющейся предметом текущей когнитивной переработки. Перемещение фокуса внимания осуществляется на основе сочетания процессы исполнительного контроля внимания и автоматизированных процессов «захвата внимания». Информация в фокусе внимания и процессы её переработки изолированы от влияния содержащейся в остальных компонентах РП информации.

Было обнаружено, что в ходе решения когнитивных задач между компонентами РП осуществляется обмен информацией. Обычно репрезентации «загружаются» в фокус внимания из региона прямого доступа. Информация в фокус внимания может отбираться также из репрезентаций, относящихся к активированной части ДВП. Для этого в дополнение к механизму селекции репрезентаций из региона прямого доступа должен существовать механизм, позволяющий фокусу внимания произвольно перемещаться между репрезентациями, активированными в ДВП. Взаимодействие региона прямого доступа и активированной части ДВП может проявляться в двух разнонаправленных схемах обмена данными. Репрезентации могут «загружаться» в регион прямого доступа с целью оптимизации процессов актуализации релевантной для решения текущей задачи информации. Потерявшая актуальность информация должны «выгружаться» из региона прямого доступа в активированную часть ДВП.

Было показано, что переработка информации является одной из неотъемлемых функций РП. Важным результатом исследования особенностей выполнения заданий на РП является обнаружение независимости фактора сложности когнитивной переработки от факторов, селективно влияющих на хранение информации в РП. Реализация переработки информации в отрыве от её хранения позволяет обеспечить продолжение целесообразных трансформаций информации даже в условия нарушения функционирования других компонентов РП.

Результаты проведенных исследований показывают, что переработка информации в РП зависит от наличия резерва когнитивных ресурсов. Неспецифические когнитивные ресурсы необходимы для того, чтобы осуществлять

связанные с решаемой задачей трансформации когнитивных репрезентаций. Неспецифические когнитивные ресурсы также используются для поддержки функции хранения информации в компонентах РП и перемещения информации между компонентами РП.

Новизна исследования обусловлена получением новых результатов о структурно-функциональной организации РП. Впервые показана валидность концентрической модели РП на материале особенностей выполнения разных классов заданий на РП. Впервые получены результаты о независимости переработки в фокусе внимания от факторов, влияющих на оперативное хранение информации в РП. Впервые на материале выполнения заданий на РП носителями генотипа АРОЕ-4 получены данные об особенностях реализации функций РП у лиц с генетически обусловленными нарушениями механизмов долговременного хранения и сделаны выводы об оптимизации функций РП за счет активации сохранных компонентов РП в этих условиях. Получены новые результаты о выраженности позиционных эффектов при выполнении разных классов заданий на РП и показана зависимость величины позиционных эффекта от сложности когнитивной переработки и связанного с ней уровня использования неспецифических когнитивных ресурсов.

На основе полученных результатов может быть сделан ряд практических рекомендаций:

1. Особенности функциональной организации РП и связанные с ней функциональные ограничения РП должны учитываться при проектировании средств взаимодействия в человеко-машинных системах. В частности, при проектировании человеко-машинных интерфейсов должна обеспечиваться возможность удержания всей оперативно необходимой информации в фокусе внимания и регионе прямого доступа.
2. Особенности функциональной организации РП должны учитываться при формировании программ обучения. Усвоение (восприятие, переработки и интеграция) нового материала в ходе обучения может значительно облегчаться в случае, когда количество предъявляемой информации соответствует объему региона прямого доступа, когда в предъявляемой информации эксплицируются связи между информационными элементами (что облегчает формирование интегрированных репрезентаций в активированной части ДВП), а также когда форма и последовательность предъявления материала минимизирует необходимость переключения внимания и активации функций когнитивного контроля.
3. Диагностика индивидуальных особенностей РП может являться элементом диагностических систем для поддержки профессионального отбора. Индивидуальные характеристики РП могут быть надежными предикторами эффективности осуществления различных видов практически значимой деятельности.

4. Диагностика индивидуальных особенностей РП не может ограничиваться тестированием особенностей кратковременного хранения, а должна сочетать тестирование функций оперативного хранения и переработки (например, при их одновременной реализации). При тестировании представляется важным варьировать нагрузку на РП в широком диапазоне, так как при этом могут происходить качественные изменения стратегии оперативного хранения информации.
5. При разработке программ когнитивной тренировки следует широко использовать задания, выполнение которых требует участия РП.

Анализ полученных в данном исследовании результатов и их обобщение позволили сделать следующие выводы:

1. Структура РП является неоднородной и содержит компоненты фокус внимания, регион прямого доступа и активированную часть ДВП. В фокусе внимания удерживаются умственные репрезентации, являющиеся предметом когнитивной переработки. Регион прямого доступа удерживает небольшое (3-4) количество наиболее релевантных решению актуальной задачи репрезентаций в состоянии высокой доступности. В активированной части ДВП удерживается произвольное количество репрезентаций, активированных в контексте решения актуальной задачи. Компоненты различаются своими функциональными возможностями и играют различную роль в решении познавательных задач.
2. Хранение информации в РП осуществляется при помощи механизмов как кратковременного, так и долговременного хранения. Механизмы кратковременного хранения используются для оперативного хранения информации, имеющей особую значимость для решения текущей познавательной задачи. Механизмы долговременного хранения используются для хранения информации, активированной при решении текущей познавательной задачи.
3. Переработка информации в фокусе внимания не зависит от реализации функций хранения в РП. При недостаточной ресурсной обеспеченности функций хранения и переработки, приоритет приобретает функция переработки.
4. Компоненты РП взаимодействуют между собой на основе механизмов обмена информацией. Обмен информацией между компонентами РП обеспечивает своевременный доступ к необходимой информации в условиях ограничения функциональных возможностей РП.
5. Эффективное хранение и переработка информации в компонентах РП обеспечивается действием специализированных механизмов. К ним относятся механизмы управления фокусом внимания, механизмы поиска

информации в компонентах РП и в ДВП, механизмы распределения функциональных ресурсов РП между её компонентами в зависимости от требований задачи, а также механизмы контроля интерференции в РП. Функциональные механизмы РП действуют согласованно с целью оптимизации функционирования РП в различных условиях.

6. РП характеризуется динамическим перераспределением ресурсов между компонентами РП. При необходимости увеличить активацию каких-либо компонентов РП когнитивные ресурсы отвлекаются от других компонентов РП. Механизмы динамического перераспределения ресурсов РП обеспечивают максимальный уровень функционирования тех компонентов РП, которые необходимы для решения актуальной задачи.
7. Функционирование РП обеспечивается неспецифическими когнитивными ресурсами. Неспецифические ресурсы обеспечивают реализацию как функции хранения, так и функции переработки информации в РП. Неспецифические ресурсы используются для подавления активации иррелевантных репрезентаций и усиления активации релевантных репрезентаций в РП, определяя направление и эффективность когнитивной переработки информации в РП. Неспецифические ресурсы также обеспечивают обмен информацией между компонентами РП.
8. Механизмы выполнения различных классов заданий на РП учитывают структуру этих заданий и особенности функциональной организации РП. При выполнении заданий на определение объема РП для хранения информации используется активированная часть ДВП, а для решения задачи по переработке – фокус внимания и регион прямого доступа. При выполнении заданий на обновление РП преимущественно используется фокус внимания и регион прямого доступа. Создание заданий на РП с целью оценки функциональных ограничений РП и когнитивной тренировки должно быть обязательно направлено на использование функций хранения и переработки, использования всех компонентов РП и задействования максимального количества функциональных механизмов РП.
9. Индивидуальные ограничения РП и особенности её функциональной организации влияют на процесс решения сложных познавательных задач. РП может использоваться для построения образа ситуации и образа результата. Механизмы РП обеспечивают целесообразный выбор релевантных когнитивных репрезентаций, а также трансформацию активированных репрезентаций в направлении достижения результирующего состояния.
10. РП является многокомпонентной системой, функциональная организация которой обеспечивает реализацию функций хранения и переработки информации. Функциональная организация РП позволяет осуществлять гибкую настройку механизмов РП на решение различных классов имеющих адаптационное значение познавательных задач в различных условиях при

существовании выраженных ограничений функциональных возможностей РП.

Результаты проведенных исследований подкрепляют представления о РП как важном элементе системы когнитивных процессов человека. РП обеспечивает целесообразные трансформации когнитивных репрезентаций, лежащие в основе различных форм когнитивной деятельности. РП имеет сложную многокомпонентную организацию, а её функционирование обеспечивается различными взаимодействующими механизмами, что отражает сложность выполняемых РП задач. Функциональная организация РП характеризуется значительной гибкостью, обеспечивающей оптимальную реализацию функций оперативного хранения и переработки при различных внутренних и внешних ограничениях когнитивной деятельности.

**Публикации в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки РФ для публикации основных результатов диссертационных исследований:**

- 1. Величковский Б.Б. Многомерная оценка индивидуальной устойчивости к стрессу // Вестник МГОУ. Серия «Психологические науки». 2007. № 3. С. 105-112. (0,5 п.л.) (ИФ РИНЦ 0,201)**
- 2. Величковский Б.Б., Марьин М.И. Комплексная диагностика индивидуальной устойчивости к стрессу в рамках модели «состояние – устойчивая черта» // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2007. № 2. С. 34-46. (1 п.л./0,8 п.л.) (ИФ РИНЦ 0,536)**
- 3. Величковский Б.Б., Барабанщикова В.В. Психологический стресс у сотрудников МВД: роль опосредующих переменных и практические следствия // Прикладная юридическая психология. 2008. № 1. С. 52-64. (1 п.л. / 0,8 п.л.) (ИФ РИНЦ 0,872)**
- 4. Величковский Б.Б., Рощина И.Ф., Селезнева Н.Д., Чудина Ю.А., Меликян З.А. Пластичность когнитивных функций у носителей аллеля е4 гена апополипротеина Е // Психиатрия. 2009. № 4-6. С. 58-66. (0,8 п.л. / 0,6 п.л.) (ИФ РИНЦ 0,294)**
- 5. Величковский Б.Б., Шевчик С.А. Когнитивные исследования в контексте конвергентных технологий // Интеграл. 2010. № 6. С. 32-36. (0,3 п.л./ 0,2 п.л.)**
- 6. Величковский Б.Б., Злоказова Т.А., Капица М.С. Эффективность обработки прерываний в условиях свободных и вынужденных переключений // Экспериментальная психология. 2010. № 2. С. 45-57. (1 п.л. / 0,8 п.л.) (ИФ РИНЦ 0,494)**
- 7. Козловский С.А., Величковский Б.Б., Варганов А.В., Никонова Е.Ю., Величковский Б.М. Роль областей цингулярной коры в функционировании**

памяти человека // Экспериментальная психология. 2012. Т. 5. № 1. С. 12-22. (0,6 п.л. / 0,2 п.л.) (ИФ РИНЦ 0,494)

8. Величковский Б.Б., Козловский С.А. Рабочая память человека: Фундаментальные исследования и практические приложения // Интеграл, 2012, Т. 68, № 6, С. 14-16. (0,3 п.л./0,2 п.л.)

9. Величковский Б.Б. Использование механизмов кратковременного и долговременного хранения информации при выполнении заданий на рабочую память // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. Серия Педагогика, психология, социальная работа, ювенология, социокинетика. 2013. Т. 19. № 3. С. 29-32. (0,3 п.л.) (ИФ РИНЦ 0,086)

10. Величковский Б.Б., Данилова А.И. Влияние нагрузки на рабочую память пользователя на эффективность навигации в меню мобильного устройства // Программная инженерия. 2013. № 11. С. 2-7. (0,5 п.л./0,4 п.л.) (ИФ РИНЦ 0,212)

11. Величковский Б.Б., Морозов М.А., Румянцев М.А. Новый подход к проблеме «прикосновения Мидаса»: идентификация зрительных команд на основе выделения фокальных фиксаций // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2013. № 3. С. 33-45. (1 п.л./0,9 п.л.) (ИФ РИНЦ 0,536)

12. Шишкин С.Л., Федорова А.А., Нуждин Ю.О., Ганин И.П., Осадчий А.Е., Величковский Б.Б., Каплан А.Я., Величковский Б.М. На пути к высокоскоростным интерфейсам глаз-мозг-компьютер: сочетание «одностимульной» парадигмы и перевода взгляда // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2013. № 4. С. 4-19. (1 п.л./0,1 п.л.) (ИФ РИНЦ 0,536)

13. Величковский Б.Б. Позиционные эффекты в рабочей памяти // Экспериментальная психология. 2014. Т. 7. № 2. С. 26–36. (0,8 п.л.) (ИФ РИНЦ 0,494)

14. Величковский Б.Б. Тестирование рабочей памяти: от простого к сложному и снова к простому // Теоретическая и экспериментальная психология. 2014. Т. 7. № 2. С. 133-142. (0,7 п.л.) (ИФ РИНЦ 0,259)

15. Величковский Б.Б. Структура корреляционных зависимостей между показателями эффективности выполнения разных классов заданий на рабочую память // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2014. № 4. С. 18-32. (1 п.л.) (ИФ РИНЦ 0,536)

16. Величковский Б.Б. Психологические факторы возникновения чувства присутствия в виртуальных средах // Национальный психологический журнал. 2014. Т. 15. № 3. С. 31-38. (0,7 п.л.) (ИФ РИНЦ 0,530)

17. Малашенкова И.К., Крынский С.А., Хайлов Н.А., Казанова Г.В., Величковский Б.Б., Дидковский Н.А. Роль цитокинов в консолидации памяти в условиях нормы и патологии // Успехи современной биологии. 2015. Т. 135. № 5. С. 419–436. (1 п.л./0,1 п.л.) (ИФ РИНЦ 0,806)

18. Величковский Б.Б., Гусев А.Н., Виноградова В.Ф., Арбекова О.А. Когнитивный контроль и чувство присутствия в виртуальных средах // Экспериментальная психология. 2016. Т. 9. № 1. С. 5-20. (1 п.л./0,9 п.л.) (ИФ РИНЦ 0,494)
19. Малашенкова И.К., Хайлов Н.А., Крынский С.А., Огурцов Д.П., Казанова Г.В., Величковский Б.Б., Селезнева Н.Д., Федорова Я.Б., Пономарева Е.В., Колыхалов И.В., Гаврилова С.И., Дидковский Н.А. Уровень провоспалительных цитокинов и фактора роста VEGF у пациентов с болезнью Альцгеймера и мягким когнитивным расстройством // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2016. № 3. С.39-43. (0,4 п.л./0,1 п.л.) (ИФ РИНЦ 0,717)
20. Velichkovsky B.B., Kibrik A.A., Velichkovsky B.M. The architecture is not exactly parallel: Some modules are more equal than others // Behavioral and Brain Sciences. 2003. V. 26. I. 2. P. 692 (0,1 п.л./0,05 п.л.) (WoS, IF=23,842).
21. Velichkovsky B. Empirical verification of a multidimensional appraisal-based resilience measure // International Journal of Psychology. 2008. V. 43. I. 3-4. P. 599 (0,1 п.л.) (WoS, IF = 1,422)
22. Leonova A., Velichkovsky B. Psychological evaluation of individual stress resistance by the means of state-trait paradigm // International Journal of Psychology. 2008. V. 43. I. 3-4. P. 714 (0,1 п.л./0,05 п.л.) (WoS, IF = 1,422)
23. Kozlovskiy S., Vartanov A., Pyasik M., Nikonova E., Velichkovsky B. Anatomical characteristics of cingulate cortex and neuropsychological memory tests performance // Procedia - Social and behavioral sciences. 2013. V. 86. I. 10. P. 128–133 (0,5 п.л./0,1 п.л.) (Scopus, SJR=0,147)
24. Velichkovsky B.B., Rumyantsev M.A., Morozov M.A. New solution to the Midas Touch Problem: Identification of visual commands via extraction of focal fixations // Procedia Computer Science. 2014. V. 39. P. 75-82 (0,6 п.л./0,5 п.л.) (Scopus, SJR = 0,314).
25. Velichkovsky B.B., Roshchina I., Selezneva N. Cognitive control and memory in healthy carriers of Apoe-ε4 with family history of Alzheimer's disease // Psychology in Russia. 2015. V. 8. I. 1. P. 4-13 (0,7 п.л./0,6 п.л.) (Scopus, SJR=0,227)
26. Velichkovsky B.B., Nikonova E.Yu., Rumyantsev M.A. The structure of working memory: Effects of increased information load, processing complexity, and interference // Psikhologicheskii Zhurnal. 2015. V. 36. I. 3. P.38-48 (0,8 п.л./0,7 п.л.) (Scopus, SJR=0,120; WoS, IF = 0,095).
27. Velichkovsky B.B., Izmalkova A.I. Effects of verbal working memory load during the oculomotor activity in visual search. Experimentalnaya Psikhologiya. 2015. V. 8. I. 2. P. 21-35 (1 п.л./0,9 п.л.) (WoS).

#### Монографии:

1. Величковский Б.Б. Рабочая память человека: Структура и механизмы. М.: Когито-центр, 2015. 247 с. ISBN 978-5-89353-467-2.

#### Учебники:

1. Носкова О.Г., Солнцева Г.Н., Абдуллаева М.М., Барабанщикова В.В., Величковский Б.Б., Девишвили В.М. и др. (всего 20 человек). Психология труда, инженерная психология и эргономика: Учебник для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2015. 618 с. (37 п.л./1,1 п.л.)

#### **Статьи и главы в других изданиях:**

1. Величковский Б.Б. Конструктивная валидность диспозиционно-ситуативной модели для оценки индивидуальной устойчивости к стрессу / Под ред. Степановой М.А. // Новые в психологии. Сборник статей молодых ученых факультета психологии Московского университета. М.: Факультет психологии МГУ им. М.В. Ломоносова, 2006. С. 103-111. (0,4 п.л.)

2. Капица М.С., Блинникова И.В., Величковский Б.Б. Время перемен // В мире науки. 2007. № 2. С. 71-75. (0,5 п.л./0,2 п.л.)

3. Леонова А.Б., Капица М.С., Блинникова И.В. Величковский Б.Б. Исследования человеческого фактора в современной компьютеризованной среде: новые направления развития инженерной психологии и эргономики // Проблемы фундаментальной и прикладной психологии профессиональной деятельности. М.: Институт психологии РАН, 2008. С. 312-340. (1,2 п.л./0,4 п.л.)

4. Величковский Б.Б. Возможности когнитивной тренировки как средства коррекции возрастных изменений когнитивного контроля // Экспериментальная психология. 2009. Т. 2. № 4. С. 67-91. (1,1 п.л.)

5. Величковский Б.М., Вартанов А.В., Гаврилова С.И., Боринская С.А., Прохорчук Е.Б. Нейрокогнитивные особенности носителей аллеля e4 гена аполипопротеина Е (APOE) // Теоретическая и экспериментальная психология. 2009. Т. 2. № 4. С. 25-37. (0,6 п.л./0,05 п.л.)

6. Величковский Б.Б. Дифференцированность эмоциональных переживаний и устойчивость к психологическому стрессу / Под ред. Прохорова А.О. // Психология психических состояний. Сборник статей. Выпуск 7. Казань: Издательство «Отечество», 2009. С. 198-211. (0,6 п.л.)

7. Величковский Б.Б., Козловский С.А., Вартанов А.В. Тренировка когнитивных функций: перспективные исследования в России // Национальный психологический журнал. 2010. Т. 1. № 3. С. 122-127. (0,5 п.л./0,4 п.л.)

8. Величковский Б.Б., Медведева А.В. Свободные и вынужденные переключения: особенности возобновления работы после прерывания // Под ред. В.А. Барабанщикова // Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы. М.: Издательство «Институт психологии РАН», 2010. С. 471-476. (0,3 п.л./0,2 п.л.)

9. Величковский Б.Б. Исследование структуры индивидуальной устойчивости к стрессу методами конфирматорного факторного анализа / Под ред. А.Л. Журавлева, Т.Н. Савченко, Г.М. Головиной // Математическая психология: школа В.Ю. Крылова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2010. С. 373-390. (0,9 п.л.)

10. Величковский Б.Б., Морозов М.А. Динамика размера зрачка как показатель уровня нагрузки на человека-оператора // Человеческий фактор: Психология и эргономика. 2013. № 4. С. 54-57. (0,3 п.л./0,2 п.л.)

11. Velichkovsky B.B. Proactive and reactive strategies in interruption handling / N.A.Taatgen & H. van Rijk (Eds.) // Proceedings of the 31th Annual Conference of the Cognitive Science Society. Austin, TX: Cognitive Science Society, 2009. P. 2268-2273. (0,5 п.л.)
12. Velichkovsky B.B. Primary and secondary appraisals in measuring resilience to stress / Petrenko V.F., Zinchenko Yu.P. (Eds.) // Psychology in Russia: State of the Art. Moscow: Russian Psychological Society, 2009. P. 539-563. (1,1 п.л.)
13. Velichkovsky B.B., Zlokazova T.A. Effects of forced interruptions during simulated office work / Polyakov V.N., Solovyev V.D. (Eds.) // Text processing and cognitive technologies. Issue 18. Kazan: KSU Press, 2010. P. 241-254. (0,3 п.л./0,2 п.л.)
14. Artemov A.V., Boulygina E.S., Tsygankova S.V., Nedoluzhko A.V., Chekanov N.N., Gruzdeva N.M., Selezneva N.D., Roshchina I.F., Gavrilova S.I., Skryabin K.G., Prokhortchouk E.B., Velichkovsky B.B. Study of Alzheimer family case reveals hemochromatosis-associated HFE mutation // Human genome variation. 2014 . V. 1. Article 14004. (0,2 п.л./0,05 п.л.)

#### **Материалы всероссийских и международных конференций:**

1. Величковский Б.Б. Понятие саморегуляции в современной западной психологии // Ежегодник Российского психологического общества: Материалы 3-го Всероссийского съезда психологов, Санкт-Петербург, 25-28 июня 2003 года. Т. 3. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2003. С. 172-173. (0,2 п.л.)
2. Величковский Б.Б., Капица М.С., Блинникова И.В. Когнитивно-поведенческие стратегии переключения между основной и прерывающей задачей // Тезисы докладов. Третья международная конференция по когнитивной науке, Москва, 20-26 июня 2008 г. Т. 1. М.: Художественно-издательский центр, 2008. С. 162-163. (0,1 п.л./0,05 п.л.)
3. Величковский Б.Б. Оценка индивидуальной устойчивости к стрессу на основе анализа устойчивых личностных черт и психических состояний // Материалы первой Всероссийской научно-практической конференции «Психология психических состояний. Теория и практика», Казань, 13-15 ноября 2008 г. Ч. 1. Казань: Новое знание, 2008. С.180-183. (0,4 п.л.)
4. Величковский Б.Б. Дифференцированность эмоциональных переживаний и устойчивость к психологическому стрессу // Психология психических состояний. Сборник статей. Выпуск 7 - Казань: Издательство «Отечество», 2009. С. 198-211. (0,6 п.л.)
5. Величковский Б.Б. Индивидуальная устойчивость к стрессу как фактор психического и соматического здоровья // Материалы научно-практических мероприятий V Всероссийского форума «Здоровье нации – основа процветания России»; Всероссийский научно-практический конгресс «Здоровье нации и образование», Москва, 16-19 сентября 2009 г. Т. 4. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2009. С. 23-25. (0,2 п.л.)
6. Величковский Б.Б., Злоказова Т.А. Почему обработка вынужденных прерываний менее эффективна: анализ когнитивной нагрузки методом регистрации

движений глаз? // Четвертая международная конференция по когнитивной науке: Тезисы докладов: В 2 т. Томск, 22-26 июня 2010 г. Т. 1. Томск: Томский государственный университет, 2010. С. 276-277. (0,1 п.л./0,05 п.л.).

7. Величковский Б.Б., Рощина И.Ф., Селезнева Н.Д., Гаврилова С.И., Чудина Ю.А., Меликян З.А. Когнитивная пластичность у носителей аллеля  $\epsilon 4$  гена апополипротеина (APOE-4) // Четвертая международная конференция по когнитивной науке: Тезисы докладов: В 2 т. Томск, 22-26 июня 2010 г. Т. 1. Томск: Томский государственный университет, 2010. С. 507-509. (0,1 п.л./0,05 п.л.).

8. Вартанов А.В., Козловский С.А., Величковский Б.Б., Величковский Б.М. Проблема стимуляции нейрогенеза: как сохранить эффективность процессов запоминания // Космический форум 2011, посвященный 50-летию полета в космос Ю.А.Гагарина, Москва, 18-21 октября 2011 г. (сборник материалов). ИМБП РАН М, 2011. С. 149-150. (0,1 п.л./0,05 п.л.).

9. Величковский Б.Б., Морозов М.А. Динамика размера зрачка при обнаружении и пропуске сигнала в задаче различения стимулов // Материалы XVI Международной конференции по нейрокибернетике, Ростов-на-Дону, 24-28 сентября 2012 г. Т. 1. Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2012. С. 344-346. (0,2 п.л./0,1 п.л.).

10. Рощина И.Ф., Чудина Ю.А., Меликян З.А., Селезнева Н.Д. Когнитивные особенности здоровых носителей генотипа APOE-4 // Тезисы докладов пятой международной конференции по когнитивной науке, Калининград, 18–24 июня 2012 г. Том 1 - Калининград: Межрегиональная ассоциация когнитивных исследований, 2012. С. 286-287. (0,1 п.л./0,05 п.л.).

11. Величковский Б.Б. О неоднородности структуры рабочей памяти // Шестая международная конференция по когнитивной науке: Тезисы докладов. Калининград, 23-27 июня 2014 г. Калининград: Межрегиональная ассоциация когнитивных исследований, 2014. С. 207-208. (0,1 п.л.).

12. Величковский Б.Б. Размер зрачка как показатель когнитивной нагрузки при работе в условиях прерываний // Труды Международной научно-практической конференции «Психология труда, инженерная психология и эргономика 2014» («Эрго 2014»). Санкт-Петербург, Россия, 3-5 июля 2014 г. СПб.: Межрегиональная эргономическая ассоциация, 2014. С. 124-127. (0,2 п.л.).

13. Величковский Б. Б. Влияние рабочей памяти на эффективность саморегуляции поведения и копинга // Психология стресса и совладающего поведения: ресурсы, здоровье, развитие: материалы IV Междунар. науч. конф. Кострома, 22–24 сент. 2016 г. / отв. ред.: Т.Л. Крюкова, М.В. Сапоровская, С.А. Хазова. Т. 1. Кострома : КГУ им. Н.А. Некрасова, 2016. С. 25–26. (0,2 п.л.).

14. Величковский Б. Б., Григорович С. С., Сулим Ю. А. Длительность фиксаций как показатель нагрузки на зрительную рабочую память // Процедуры и методы экспериментально-психологических исследований. Интеграция академической и университетской психологии. Издательство "Институт психологии РАН" Институт психологии РАН, Москва, 2016. С. 534–540. (0,6 п.л./0,4 п.л.).

15. Особенности подавления эмоциональной интерференции при депрессии / Б. Б. Величковский, Г. Е. Рупчев, Ф. Р. Султанова и др. // Диагностика в медицинской (клинической) психологии: традиции и перспективы (к 105-летию С.Я. Рубинштейн) Материалы научно-практической конференции с международным участием, Москва, 29-30 ноября 2016 г. Научный центр психического здоровья Москва, 2016. С. 107–110. (0,3 п.л./0,2 п.л.).
16. Velichkovsky B.B., Roschina I.F., Selezneva N.D., Gavrilova S.I., Chudina Yu.A., Melikyan Z.A. Cognitive control and memory in healthy APOE-e4 carriers with a family history of Alzheimer's disease // Traditions and innovations in psychiatry. WPA regional meeting materials. June 10-12, 2010, Sankt-Petersburg, Russia. Spb.: The V.M. Bekhterev Institute, 2010. P. 473-474. (0,1 п.л./0,05 п.л.).
17. Vartanov A.V. Kozlovskiy S.A., Velichkovsky B.B. The scMRI method for assessment of neurogenesis in human brain // Methodology of psychophysiological research in Russia and China: Theoretical and applied aspects. М.: Проект-Ф Москва, 2009. С. 110-112. (0,1 п.л./0,02 п.л.).
18. Kozlovskiy S., Vartanov A., Nikonova E., Pyasik M., Velichkovsky B. Magnetic resonance morphometric analysis of cingulate cortex and human memory in normal aging // HBM-2012. Abstracts. 18th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping, Beijing, China, June 10-14, 2012. (0,1 п.л./0,02 п.л.).
19. Velichkovsky B.B., Blinnikova I.V., Kapitsa M.S. Effects of task switching on interruption handling in text editing / S. Vosniadou, D. Kayser, A. Protopapas (Eds.) // Proceedings of EuroCogSci07: The European Cognitive Science Conference. Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates, 2007. P. 936. (0,1 п.л./0,05 п.л.).
20. Velichkovsky B.B. Short- and long-term storage components in working memory // International Journal of Psychology. 2016. V. 51 (S1). P. 180. (0,05 п.л.).