

Успешность в обучении: взаимосвязь флюидного интеллекта и рабочей памяти

Ржанова И.Е.

Психологический институт Российской академии образования
(ФГБНУ ПИРАО), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8100-8917>,
e-mail: irinarzhanova@mail.ru

Алексеева О.С.

Психологический институт Российской академии образования
(ФГБНУ ПИРАО), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0794-2327>,
e-mail: olga_alexeeva@mail.ru

Бурдукова Ю.А.

ФГБОУ ВО «Московский государственный психолого-педагогический
университет» (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4827-2040>,
e-mail: julia_burd@inbox.ru

Представлен обзор современных работ, посвященных исследованиям взаимосвязи флюидного интеллекта и рабочей памяти. Обращается внимание на то, что в последнее время в мировой психологической науке активно обсуждается тема флюидного интеллекта и его влияния на успешность обучения в детском возрасте. Отмечается, что одной из основных когнитивных характеристик, наиболее выраженной связанной с флюидным интеллектом, является рабочая память, рассматриваемая как сложная интегративная функция, в реализации которой участвуют кратковременная и долговременная память, а также исполнительный контроль внимания. Подчеркивается, что до сих пор дискуссионным остается вопрос, какой из компонентов рабочей памяти в наибольшей степени связан с флюидным интеллектом. В ряде исследований делается вывод о главенствующей роли объема кратковременной памяти, тогда как в других наиболее важным компонентом называют исполнительный контроль. В исследованиях взаимосвязей рабочей памяти и флюидного интеллекта особое место отводится научным работам, в которых поднимается вопрос о возможностях коррекции и тренировки флюидного интеллекта с использованием заданий, направленных на улучшение показателей рабочей памяти. В ряде обучающих экспериментов удалось получить улучшение показателей флюидного интеллекта участников после серии тренировок рабочей памяти.

Ключевые слова: флюидный интеллект, рабочая память, кратковременная память, тренировка когнитивных функций.

Финансирование: Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (№ 18-013-01179).

Для цитаты: Ржанова И.Е., Алексеева О.С., Бурдукова Ю.А. Успешность в обучении: взаимосвязь флюидного интеллекта и рабочей памяти // Психологическая наука и образование. 2020. Т. 25. № 1. С. 63—74. DOI: <https://doi.org/10.17759/pse.2020250106>

Successful Learning: Relationship Between Fluid Intelligence and Working Memory

Irina E. Rzhanova

Psychological Institute of the Russian Academy of Education, Moscow, Russia,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8100-8917>,

e-mail: irinartzhanova@mail.ru

Olga S. Alekseeva

Psychological Institute of the Russian Academy of Education, Moscow, Russia,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0794-2327>,

e-mail: olga_alexeeva@mail.ru

Yulia A. Burdukova

Moscow State University of Psychology & Education (MSUPE), Moscow, Russia,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4827-2040>,

e-mail: julia_burd@inbox.ru

The article provides an overview of modern works devoted to the study of the relationship between fluid intelligence and working memory. Recently, the world of psychological science has been actively discussing the topic of fluid intelligence and its impact on the academic achievements in childhood. One of the main cognitive characteristics most clearly associated with fluid intelligence is working memory. Working memory is a complex integrative function, in the implementation of which short-term and long-term memory, as well as executive control of attention, are involved. Until now, the debatable question remains, which of the components of working memory is most closely related to fluid intelligence. A number of studies conclude that the role of short-term memory is predominant, while in others executive control is called the most important component. A special place in the study of the relationship between working memory and fluid intelligence is occupied by scientific works which raise the question of the possibilities of improvement of fluid intelligence using working memory training series. In a number of training experiments, it was possible to obtain an improvement in the participants' fluid intelligence indicators after a series of working memory trainings.

Keywords: fluid intelligence, working memory, short-term memory, training on cognitive functions.

Funding: This work was supported by grant RFBR № 18-013-01179.

For citation: Rzhanova I.E., Alekseeva O.S., Burdukova Yu.A. Successful Learning: Relationship Between Fluid Intelligence and Working Memory. *Psikhologicheskaya nauka i obrazovanie = Psychological Science and Education*, 2020. Vol. 25, no. 1, pp. 63—74. DOI: <https://doi.org/10.17759/pse.2020250106> (In Russ., abstr. in Engl.).

Флюидный интеллект в самом общем виде можно определить как способность индивида к решению новых абстрактных задач без опоры на имеющиеся у него знания [10]. В мировой литературе активно обсуждается роль флюидного интеллекта в структуре когнитивных функций и его влияние на интегральные когнитивные характеристики [3; 4; 14; 20]. В последние годы было продемонстрировано, что флюидный интеллект является важнейшим предиктором социоэкономического статуса человека, связан с его академической и профессиональной успешностью [1; 5; 24; 39]. Во множестве исследований было показано, что такие факторы флюидного интеллекта, как индукция, дедукция, классификация, общее последовательное мышление, количественное мышление определяют важную роль флюидного интеллекта в освоении индивидом новых навыков и умений и служат своего рода фундаментом для процесса обучения [9; 27].

В психологической науке особое внимание уделяется связи флюидного интеллекта с рабочей памятью. Согласно современным научным представлениям, именно данная когнитивная способность является наиболее мощным предиктором флюидного интеллекта. Рабочая память представляет собой активную систему, которая отвечает за хранение ограниченного объема информации и возможность оперирования данной информацией в пределах сравнительно небольшого отрезка времени [2; 5; 7; 21; 38].

Впервые тесная взаимосвязь флюидного интеллекта с рабочей памятью была выявлена в исследовании П. Киллонена и Р. Кристала [35]. Авторы провели серию экспериментов, в которых участвовали более двух тысяч испытуемых (все испытуемые на момент исследования были рекрутами в армии США). Участникам эксперимента были предложены четыре батареи тестов, направленные на диагностику флюидного интеллекта, рабочей памяти, общей осведомленности и скорости переработки информации. Следует отметить исключительное разнообразие методик, использованных в данном исследовании. Так, для диагностики флюидного интеллекта применялись невербальные, вербальные и ариф-

метические аналогии, силлогизмы и многое другое. В оценке рабочей памяти использовались, помимо широко известных методик (таких как цифровые последовательности), специально разработанные для данного исследования батареи тестов. Применение подтвержденного факторного анализа позволило выявить корреляционные связи между факторами флюидного интеллекта и рабочей памяти, в среднем превышающие значение 0,80. В дополнение были получены тесные корреляционные связи флюидного интеллекта с общей осведомленностью и рабочей памяти со скоростью переработки информации. В 1990 году П. Киллонен и Р. Кристал опубликовали результаты данного исследования в статье с громким и довольно провокационным названием «Способность к рассуждению — это (немногим больше, чем) рабочая память?!», тем самым положив начало целой серии исследований, целью которых стало изучение природы взаимосвязей между флюидным интеллектом и рабочей памятью.

Рабочая память и флюидный интеллект: механизмы взаимодействия

Сильная и устойчивая взаимосвязь между рабочей памятью и флюидным интеллектом была подтверждена результатами множества исследований [14; 15; 22; 32; 39]. Однако вопрос природы этой связи до сих пор является дискуссионным. Был проведен ряд исследований, в которых было показано, что вариативность по показателю флюидного интеллекта значимо связана не только с рабочей памятью, но и с кратковременной памятью, которая, в свою очередь, выступает своего рода медиатором между рабочей памятью и флюидным интеллектом [13]. В серии экспериментов, в которых в общей сложности приняли участие 600 человек, был обнаружен существенный вклад компонента кратковременной памяти в общую дисперсию рабочей памяти. Структурное моделирование позволило разграничить влияние кратковременной и рабочей памяти на флюидный интеллект, и в случае, когда при помощи статистических методов контролировалось воздействие кратковременной памяти, тесная взаимосвязь

между флюидным интеллектом и рабочей памятью не обнаруживалась [13].

Однако во многих исследованиях не удалось получить подтверждение опосредующей роли кратковременной памяти в связи рабочей памяти и флюидного интеллекта [12]. Так, Э. Кануэй и его коллеги провели исследование с участием 120 взрослых испытуемых, целью которого стало изучение взаимодействия между четырьмя характеристиками когнитивной сферы: флюидным интеллектом, рабочей памятью, кратковременной памятью и скоростью переработки информации [14]. В интерпретации полученных данных был использован конфирматорный факторный анализ, при помощи которого сравнивались две структурные модели. В первой модели учитывалась корреляционная связь между двумя видами памяти (кратковременной и рабочей), при этом обе эти переменные, а также скорость переработки информации выступили предикторами флюидного интеллекта. Вторая модель была построена таким образом, что влияние рабочей и кратковременной памяти на флюидный интеллект было рассчитано независимо друг от друга. Сравнение двух моделей с использованием статистических критериев достоверности позволило авторам сделать вывод о том, что влияние рабочей памяти на флюидный интеллект не зависит от объема кратковременной памяти, при этом и кратковременная память, и скорость переработки информации не являлись значимыми предикторами для флюидного интеллекта.

Одной из версий, объясняющих наблюдаемую связь между рабочей памятью и флюидным интеллектом, является предположение об определяющей роли механизмов контроля внимания [20; 45]. В задачах на флюидный интеллект когнитивный контроль необходим для анализа проблем, мониторинга процесса решения и адаптации стратегии решения в соответствии с тем, насколько успешно испытуемый справляется с заданием. Аналогично когнитивный контроль требуется в задачах, исследующих рабочую память, для поддержания представлений, извлекаемых из памяти, в поле сознания при столкновении с интерферирующими явлениями. В частно-

сти, Э. Кануэй и Р. Кейн в двух независимых исследованиях нашли подтверждение теории о внимании как о детерминанте взаимосвязи флюидного интеллекта и рабочей памяти [13; 31]. В исследовании Кейн приняли участие 250 студентов. Им предлагалось выполнить серию заданий, предназначенных для оценки объема вербальной и зрительной кратковременной памяти, вербальной и зрительно-пространственной рабочей памяти, а также методики, направленные на оценку особенностей флюидного интеллекта (данные методики также были разделены по содержанию на вербальные и зрительно-пространственные). Для интерпретации полученных данных были применены конфирматорный факторный анализ и структурное моделирование. Установлено, что вербальный и зрительно-пространственный компоненты рабочей памяти сильно коррелируют друг с другом (общая дисперсия двух компонент составила порядка 70—80%), в то время как вербальный и зрительный компоненты кратковременной памяти имеют меньшую общую дисперсию (порядка 40%), несмотря на большее структурное сходство методик, использованных для диагностики кратковременной памяти, по сравнению с методиками диагностики рабочей памяти. Флюидный интеллект оказался тесно связанным именно с рабочей памятью вне зависимости от типа решаемых задач. Авторы предполагают, что основополагающую роль во взаимосвязи флюидного интеллекта и рабочей памяти играет исполнительный контроль (executive-attention factor), который отвечает за распределение внимания во время решения задач, переключение внимания на более важные задачи, а также удержание субъекта от произвольных реакций во время мыслительной деятельности. Это объясняет высокую корреляционную связь вербальных и зрительно-пространственных компонентов рабочей памяти при относительно низких корреляционных связях аналогичных компонентов кратковременной памяти, а также тесную взаимосвязь рабочей памяти с флюидным интеллектом [32].

Взаимосвязь между рабочей памятью и флюидным интеллектом у детей исследована

значительно меньше. В целом существующие эмпирические данные подтверждают наличие сильной связи между данными когнитивными функциями в детском возрасте [5; 22; 43]. Как и в случае взрослых выборок, исследования взаимосвязей рабочей памяти и флюидного интеллекта, выполненные на выборках детей, демонстрируют противоречивую картину. В ряде работ было показано влияние кратковременной памяти на взаимосвязь изучаемых переменных [29; 50]. В исследовании К. Хорнунг и ее коллег приняли участие порядка 160 детей в возрасте шести лет [29]. Авторы данной работы поставили перед собой задачу выявить, какой именно структурный компонент рабочей памяти ответственен за связь с флюидным интеллектом. Специально подобранный методический инструментарий и использование структурного моделирования в анализе полученных данных позволили авторам прийти к выводу, что именно компонент кратковременного хранения информации связан с флюидным интеллектом на данном возрастном этапе.

Другие исследования продемонстрировали обратную картину, то есть отсутствие значимого влияния кратковременной памяти на связь флюидного интеллекта и рабочей памяти [8; 19; 48]. Целью лонгитюдного исследования, проведенного в Люксембурге на выборке детей старшего дошкольного и младшего школьного возраста, стало изучение природы взаимосвязей между флюидным интеллектом, рабочей памятью и кратковременной памятью [19]. Использование современных статистических методов анализа данных (конфирматорного факторного анализа и иерархического регрессионного анализа) позволило установить, что изучаемые конструкты сильно связаны между собой. Однако когда рабочая память выступала в качестве контролируемой переменной, значимая связь между флюидным интеллектом и кратковременной памятью не выявлялась. В то время как контроль кратковременной памяти позволил раскрыть устойчивые связи между флюидным интеллектом и рабочей памятью в каждой точке лонгитюда. Эти данные свидетельствуют о

том, что в детском возрасте именно исполнительный компонент лежит в основе взаимосвязей между флюидным интеллектом и рабочей памятью.

В пользу близости флюидного интеллекта и рабочей памяти свидетельствуют также результаты исследований с применением методов нейровизуализации. В одном из таких исследований анализировалась активность мозговых структур при выполнении заданий, направленных на диагностику флюидного интеллекта и рабочей памяти [25]. Для оценки флюидного интеллекта были использованы задания из Прогрессивных матриц Равена, рабочая память была диагностирована при помощи модифицированной методики «n-назад» (n-back). Испытуемому предлагались один за другим различные изображения (в одной серии слова, в другой — изображения лиц), далее его просили ответить, встречался ли предъявляемый образ три позиции назад. Были выявлены высокие корреляционные связи между двумя анализируемыми показателями, при этом было установлено, что при выполнении заданий на флюидный интеллект и рабочую память активируются одни и те же мозговые структуры, а именно — префронтальные и теменные зоны головного мозга.

Следует отметить тот факт, что дополнительным свидетельством в пользу положения о наличии сильной связи между флюидным интеллектом и рабочей памятью служит сходство их развития в онтогенезе. В ряде исследований было показано существование нелинейной взаимосвязи между возрастом и успешностью выполнения заданий, тестирующих рабочую память [17; 46]. Было установлено, что чем младше ребенок, тем быстрее происходит развитие его способности к решению подобных задач, к подростковому возрасту темп развития снижается, пока не останавливается по достижению взрослого возраста. То же самое касается и успешности выполнения тестов, измеряющих флюидный интеллект, например, прогрессивных матриц Равена [40].

В целом можно сказать, что существование высокой взаимосвязи между рабочей

памятью и флюидным интеллектом признано научным сообществом. Дискуссионным до сих пор остается вопрос о детерминантах этой взаимосвязи.

Флюидный интеллект и тренировка рабочей памяти

В последнее время разрабатывается огромное количество компьютерных тренинговых программ, направленных на повышение когнитивной эффективности [4]. Особое место в изучении флюидного интеллекта занимают исследования, посвященные возможности его повышения. Следует отметить, что на протяжении многих лет предпринимались многочисленные попытки проведения «тренировок» абстрактного мышления у взрослых, в которых были получены неоднозначные результаты [18; 34]. Основной проблемой, с которой сталкивались исследователи, было отсутствие обобщающего эффекта, то есть улучшение когнитивных способностей если и происходило, то только в пределах того типа задач, по которым проводилось обучение [36; 37; 43; 47; 49].

Одним из переломных моментов в данной области исследований стала публикация в 2008 году статьи «Улучшение флюидного интеллекта путем тренировки рабочей памяти» [30]. Авторы указанной работы, опираясь на полученные ранее эмпирические данные о сильной взаимосвязи флюидного интеллекта и рабочей памяти, провели серию обучающих экспериментов, в ходе которых испытуемым предлагалось выполнять классические задачи на рабочую память, а именно — модификации задачи «n-назад». Участнику эксперимента предъявляли один за другим различные стимулы и просили определить, встречался ли данный стимул n позиций назад. Число n определялось индивидуально в зависимости от производительности и успешности участника в предыдущих сериях. По мере улучшения производительности число n увеличивалось на один; как только эффективность выполнения падала, число n, соответственно, уменьшалось на один. Все участники были разделены на четыре группы, каждая группа проходила каждодневную

тренировку в течение различного периода времени (от 8 дней до 19 дней). Улучшение показателей рабочей памяти произошло во всех группах. Наибольший интерес представляет полученное авторами эксперимента улучшение показателей флюидного интеллекта в группах, прошедших обучение, по сравнению с контрольной группой. При этом результаты ковариационного анализа продемонстрировали влияние времени обучения на изменения флюидного интеллекта: более длительный тренировочный цикл приводил к более значительным изменениям флюидного интеллекта. Чуть позже той же группой авторов был проведен еще один обучающий эксперимент, в котором были получены схожие результаты [31].

Следует отметить, что возможности коррекции флюидного интеллекта изучались и на клинических выборках. В частности, были проведены тренировочные серии с детьми, имеющими диагноз СДВГ (возраст 7—15 лет), в течение пяти недель с использованием различных задач, направленных на диагностику рабочей памяти. Было получено значимое улучшение показателей флюидного интеллекта по сравнению с контрольной группой [32]. Флюидный интеллект измерялся при помощи Прогрессивных матриц Равена.

Однако другая группа исследователей не смогла повторить данные результаты на больших по численности выборках детей с СДВГ [28]. Несмотря на то, что показатели успешности выполнения заданий по рабочей памяти значимо улучшились в экспериментальной группе, «переноса» на флюидный интеллект не произошло. В данной серии экспериментов флюидный интеллект был диагностирован с использованием теста Векслера. Обращает на себя внимание тот факт, что в успешных обучающих экспериментах для оценки флюидного интеллекта, как правило, использовались матрицы Равена [33], в тех же экспериментах, где гипотеза о возможности тренировки флюидного интеллекта не нашла подтверждения, использовались другие методики [28]. Возможно, это связано с особой спецификой Прогрессивных матриц Равена, а именно — с чувствительностью

оценок по данной методике к изменениям в рабочей памяти.

В 2010 году была предпринята попытка объединить в одном эксперименте сразу несколько методик оценки флюидного интеллекта в достаточно крупном по численности участников эксперименте [42]. В диагностический набор входили вербальные, числовые и зрительно-пространственные методики оценки флюидного интеллекта, а также матрицы Равена. Всего в исследовании приняли участие 200 человек, разделенные на две группы по возрасту. Первую группу составили участники в возрасте от 20 до 31 года, вторую группу — испытуемые в возрасте от 65 до 80 лет. Участники исследования каждый день в течение часа тренировались выполнять задания на развитие рабочей памяти. Обучающий эксперимент длился 100 дней. Оценка показателей флюидного интеллекта, проведенная после тренировки рабочей памяти, показала следующие результаты. В группе молодых людей было зафиксировано значимое улучшение оценок по числовым и зрительно-пространственным заданиям, а также по матрицам Равена, значимых изменений по выполнению вербальных заданий не было выявлено. В группе старших по возрасту участников значимые изменения были получены только по показателям Прогрессивных матриц Равена.

Таким образом, на сегодняшний день накоплен достаточно обширный эмпирический материал, касающийся улучшения способности к флюидному мышлению путем тренировки рабочей памяти, однако полученные результаты зачастую противоречат друг другу. Определенно можно сказать, что сама возможность улучшения флюидного интеллекта в ходе специально организованного эксперимента испытывает на себе влияние множества факторов, таких как возраст участников, особенности заданий, используемых в обучении, методики оценки флюидного интеллекта. Нельзя исключить из анализа и влияние такого фактора, как мотивация участников. В частности, важно учитывать тот факт, что участники эксперимента, которые в течение довольно длительного

времени обучались в специальных условиях, могут быть более мотивированы на выполнение различных заданий по сравнению с контрольной группой, в которой обучение не проводилось [13].

Тренировка рабочей памяти и академическая успешность

Сообщения о тренировке рабочей памяти и возможности повышения флюидного интеллекта поставили вопрос о том, можно ли с помощью тренировочных методов решать проблемы трудностей в обучении. В 2011 году Роджерс с соавторами проанализировали связь снижения зрительно-пространственной и слуховой вербальной рабочей памяти с трудностями в математике и чтении у 145 подростков (возраст 13—18 лет), имеющих диагноз СДВГ [42]. Оказалось, что слуховая рабочая память предсказывала трудности в обеих академических сферах, тогда как зрительно-пространственная рабочая память была связана только с математическими затруднениями [42]. Полученные результаты позволили авторам с оптимизмом предположить, что тренировка рабочей памяти способна помочь в коррекции академической неуспешности. Однако последовавшие за этим публикации эмпирических исследований были далеко не столь убедительны. В шведском исследовании 2013 года, где 57 детей, имеющих диагноз СДВГ (средний возраст 10,5 лет), тренировали рабочую память ежедневно в течение 5 недель по 30—40 минут, был описан положительный эффект тренировок на математические способности непосредственно после тренинга [26]. Однако спустя примерно полгода тренировавшаяся группа не показала лучших результатов в сравнении с контрольной [26]. Сходные данные были получены в канадском исследовании при тренировке подростков с СДВГ и трудностями обучения (learning disabilities) 12—17 лет [16]. При этом канадскими исследователями отмечалось, что эффект тренировки зрительной рабочей памяти не только временный, но и показывает улучшение только некоторых математических навыков, не оказывая влияние на эффективность обучения в целом [16]. В обзорной статье 2015 года

Томас Редик с соавт. подытожили, что тренировка слуховой вербальной рабочей памяти, несомненно, способна улучшить навыки чтения, однако для подавляющего большинства учебных дисциплин тренировочный эффект в лучшем случае краткосрочен, а то и незначителен [41]. Авторы заключают, что это ставит вопрос о разработке более эффективных тренировочных программ и тщательном контроле эффектов обучения с их помощью [41].

Заключение

Вопрос возможностей тренировки флюидного интеллекта является крайне актуальным для разработки коррекционных программ для детей с задержками развития и, что особенно важно, программ, направленных на восстановление когнитивного потенциала детей и взрослых после соматических заболеваний, травм головного мозга и предупреждение геронтологических изменений.

Многочисленные данные, накопленные за время изучения феномена флюидного интеллекта, свидетельствуют о тесной связи этой характеристики с рабочей памятью. Большинство методик, направленных на улучшение показателей флюидного интеллекта, представляют собой классические тесты, способствующие развитию рабочей памяти (например, задача «n-back»).

Тем не менее природа этой связи еще до конца не изучена. Перед исследователями

до сих пор стоит вопрос, какой из компонентов рабочей памяти (кратковременная рабочая память или исполнительный контроль) выполняют детерминирующую функцию во взаимосвязях с флюидным интеллектом. К тому же различия диагностических методов, при помощи которых оценивается показатель флюидного интеллекта, также могут быть причиной противоречивых результатов.

Не прояснены вопросы о том, насколько компьютерные тренировочные программы способны помочь в работе с трудностями в обучении. Сейчас можно утверждать, что они имеют локальный и краткосрочный эффект, пролонгация и перенос этого эффекта на общую академическую успешность по сути сходны с вопросом о возможности эффективной тренировки флюидного интеллекта с помощью когнитивных тренингов.

Таким образом, можно определить круг первейших задач, которые необходимо решить исследователям флюидного интеллекта: сопоставить существующие методики и оценить их эффективность в измерении флюидного интеллекта, а также выявить, что лежит в основе взаимосвязей рабочей памяти и флюидного интеллекта. Поиск ответов на эти вопросы поможет в будущем создать комплекс методик, направленных на коррекцию и развитие флюидного интеллекта, а также когнитивной сферы в целом.

Литература

1. Бирюков С.Д., Ходакова Е.Ю. Флюидный интеллект как предиктор успешности обучения // Интеллект и творчество: Сборник научных трудов / Под ред. А.Н. Воронина. М.: Институт психологии РАН, 1999. С. 66—78.
2. Бурдукова Ю.А., Алексеева О.С., Чижова В.А., Щеглова А.В. Связь вербальной памяти и пространственной рабочей памяти с интеллектом у детей 10—11 лет [Электронный ресурс] // Психолого-педагогические исследования. 2017. Том 9. № 4. С. 43—50. doi:10.17759/psyedu.2017090405
3. Летинен Х. Интервью «Коррекция дислексии у детей с применением компьютерной игры GraphoGame» // Психологическая наука и образование. 2018. Том 23. № 3. С. 84—86. doi:10.17759/pse.2018230308
4. Ржанова И.Е., Алексеева О.С., Фоминых А.Я., Паршикова О.В. Индекс рабочей памяти как

- один из основных показателей теста Векслера для дошкольников [Электронный ресурс] // Психологические исследования. 2018а. Т. 11 (57). С. 8. URL: <http://psystudy.ru/index.php/num/2018v11n57/1529-rzhanova57.html> (дата обращения: 23.12.2018).
5. Ржанова И.Е., Бритова В.С., Алексеева О.С., Бурдукова Ю.А. Флюидный интеллект: обзор зарубежных исследований [Электронный ресурс] // Клиническая и специальная психология. 2018b. Т. 7 (4). С. 19—43. doi:10.17759/cpse.2018070402
6. Alloway T.P., Gathercole S.E., Willis C., Adams A.M. A structural analysis of working memory and related cognitive skills in young children // Journal of Experimental Child Psychology. 2004. № 87. P. 85—106.
7. Baddeley A.D., Hitch G.J. Working Memory // The Psychology of Learning and Motivation / In G. Bower (ed.). San Diego, CA: Academic Press, 1974. Vol. 8.

- P. 47—90. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/s0079-7421\(08\)60452-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0079-7421(08)60452-1)
8. *Bayliss D.M., Jarrod C., Baddeley A.D., Gunn D.M., Leigh E.* Mapping the developmental constraints on working memory span performance // *Developmental Psychology*. 2005. Vol. 41 (4). P. 579—597.
 9. *Blair C.* How similar are fluid cognition and general intelligence? A developmental neuroscience perspective on fluid cognition as an aspect of human cognitive ability // *Behavioral Brain Science*. 2006. Vol. 29. № 2. P. 109—125. doi: [10.1017/S0140525X06009034](https://doi.org/10.1017/S0140525X06009034)
 10. *Cattell R.B.* *Intelligence: Its structure, growth and action*. New York, NY: Elsevier, 1987. 693 p.
 11. *Chein J.M., Morrison A.B.* Expanding the mind's workspace: Training and transfer effects with a complex working memory span task // *Psychonomic Bulletin and Review*. 2010. № 17. P. 193—199.
 12. *Cochrane A., Simmering V., Green C.S.* Fluid intelligence is related to capacity in memory as well as attention: Evidence from middle childhood and adulthood // *PloS one*. 2019. Vol. 14 (8). P. e0221353.
 13. *Colom R. et al.* Working memory and intelligence are highly related constructs, but why? // *Intelligence*. 2008. Vol. 36 (6) P. 584—606. doi: [10.1016/j.intell.2008.01.002](https://doi.org/10.1016/j.intell.2008.01.002)
 14. *Conway A.R. et al.* A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence // *Intelligence*. 2002. Vol. 30 (2) P. 163—183. doi: [10.1016/S0160-2896\(01\)00096-4](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(01)00096-4)
 15. *Cowan N. et al.* On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes // *Cognitive Psychology*. 2005. Vol. 51 (1). P. 42—100. doi: [10.1016/j.cogpsych.2004.12.001](https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2004.12.001)
 16. *Dahlin K.I.E.* Working memory training and the effect on mathematical achievement in children with attention deficits and special needs // *Journal of Education and Learning*. 2013. Vol. 2 (1). P. 118—133. doi: [10.5539/jel.v2n1p118](https://doi.org/10.5539/jel.v2n1p118)
 17. *Dempster F.N.* Memory span: sources of individual and developmental differences // *Psychological Bulletin*. 1981. № 89. P. 63—100.
 18. *Detterman D.K., Sternberg R.J.* *How and How Much Can Intelligence Be Increased?* Mahwah, NJ: Erlbaum, 1982.
 19. *Engel de Abreu P.M., Conway A.R., Gathercole S.E.* Working memory and fluid intelligence in young children // *Intelligence*. 2010. Vol. 38 (6). P. 552—561. doi: [10.1016/j.intell.2010.07.003](https://doi.org/10.1016/j.intell.2010.07.003)
 20. *Engle R.W.* Role of working memory capacity in cognitive control // *Current Anthropology*. 2010. № 51. P. 1.
 21. *Engle R.W.* Working memory capacity as executive attention // *Current Directions in Psychological Science*. 2002. Vol. 11 (1). P. 19—23. doi: <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00160>
 22. *Engle R.W. et al.* Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latentvariable approach // *Journal of Experimental Psychology*. 1999. Vol. 128 (3). P. 309—331. doi: [10.1037/0096-3445.128.3.309](https://doi.org/10.1037/0096-3445.128.3.309)
 23. *Fry A.F., Hale S.* Relationships among processing speed, working memory, and fluid intelligence in children // *Biological Psychology*. 2000. Vol. 54 (1—3). P. 1—34.
 24. *Gottfredson L.S.* Why g matters: The complexity of everyday life // *Intelligence*. 1997. Vol. 24 (1). P. 79—132.
 25. *Gray J.R., Chabris C.F., Braver T.S.* Neural mechanisms of general fluid intelligence // *Natural Neuroscience*. 2003. Vol. 6 (3). P. 316—322. doi: [10.1038/nn1014](https://doi.org/10.1038/nn1014)
 26. *Gray S.A. et al.* Effects of a computerized working memory training program on working memory, attention, and academics in adolescents with severe LD and comorbid ADHD: a randomized controlled trial // *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2012. Vol. 53 (12). P. 1277—1284. doi: [10.1111/j.1469-7610.2012.02592.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2012.02592.x)
 27. *Green A.E. et al.* Frontopolar cortex mediates abstract integration in analogy // *Brain Research*. 2006. Vol. 1096 (1). P. 125—137. doi: [10.1016/j.brainres.2006.04.024](https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.04.024)
 28. *Holmes J., Gathercole S.E., Dunning D.* Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children // *Developmental Science*. 2009. № 12. P. 1—7. doi: [10.1111/j.1467-7687.2009.00848.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00848.x)
 29. *Hornung C., Brunner M., Reuter R., Martin R.* Children's working memory: Its structure and relationship to fluid intelligence // *Intelligence*. 2011. № 39. P. 210—221.
 30. *Jaeggi S.M., Buschkuhl M., Jonides J., Perrig W.J.* Improving fluid intelligence with training on working memory // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2008. Vol. 105 (19). P. 6829—6833.
 31. *Jaeggi S.M., Buschkuhl M., Jonides J., Shah P.* Short- and long-term benefits of cognitive training // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2011. № 108. P. 10081—10086
 32. *Kane M.J. et al.* The generality of working memory capacity: A latentvariable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning // *Journal of Experimental Psychology. General*. 2004. Vol. 133 (2). P. 189—217. doi: [10.1037/0096-3445.133.2.189](https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.2.189)
 33. *Klingberg T., Forssberg H., Westerberg H.* Training of working memory in children with ADHD // *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 2002. № 24. P. 781—791. doi: [10.1076/j.cen.24.6.781.8395](https://doi.org/10.1076/j.cen.24.6.781.8395)
 34. *Kramer A.F., Willis S.L.* Enhancing the cognitive vitality of older adults // *Current Directions of Psychological Science*. 2002. № 11. P. 173—177.
 35. *Kyllonen P.C., Christal R.E.* Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity?! // *Intelligence*. 1990. Vol. 14 (4). P. 389—433. doi: [10.1016/S0160-2896\(05\)80012-1](https://doi.org/10.1016/S0160-2896(05)80012-1)
 36. *Linares R., Borella E., Lechuga M.T., Carretti B., Pelegrina S.* Training working memory updating in young adults // *Psychological research*. 2018. Vol. 82 (3). P. 535—548.

37. Meiran N., Dreisbach G., von Bastian C.C. Mechanisms of working memory training: Insights from individual differences // *Intelligence*. 2019. Vol. 73. P. 78—87.
38. Nisbett R.E. et al. Intelligence. New Findings and Theoretical Developments // *American Psychologist*. 2012. Vol. 67 (2). P. 130—159. doi: 10.1037/a0026699
39. Otero T.M. Brief review of fluid reasoning: Conceptualization, neurobasis, and applications // *Applied Neuropsychology: Child*. 2017. Vol. 6 (3). P. 240—211. doi: 10.1080/21622965.2017.1317484
40. Raven J.C., Court J.H., Raven J. Manual for Raven's Progressive Matrices and Vocabulary Scales. London: Lewis, 1983.
41. Redick T.S. et al. What's working in working memory training? An educational perspective // *Educational Psychology Review*. 2015. Vol. 27 (4). P. 617—633. doi:10.1007/s10802-010-9387-0.
42. Rogers M. et al. Inattention, working memory, and academic achievement in adolescents referred for attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD) // *Child Neuropsychology*. 2011. Vol. 17 (5). P. 444—458. doi:10.1080/09297049.2010.544648
43. Sala G., Gobet F. Cognitive training does not enhance general cognition // *Trends in cognitive sciences*. 2018.
44. Schmiedek F., Lovden M., Lindenberger U. Hundred days of cognitive training enhance broad abilities in adulthood: Findings from the COGITO study // *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2010. № 2. P. 1—10. doi:10.3389/fnagi.2010.00027
45. Schroeders U., Schipolowski S., Zettler I., Golle J., Wilhelm O. Do the smart get smarter? Development of fluid and crystallized intelligence in 3rd grade // *Intelligence*. 2016. № 59. P. 84—95.
46. Siegel L.S. Working memory and reading: a life-span perspective // *International Journal of Behavioral Development*. 1994. № 17. P. 109—124.
47. Sternberg R.J. Increasing fluid intelligence is possible after all // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2008. Vol. 105 (19). P. 6791—6792.
48. Swanson H.L. Working memory and intelligence in children: What develops? // *Journal of Educational Psychology*. 2008. Vol. 100 (3). P. 581—602.
49. Swanson H.L., McMurray M. The impact of working memory training on near and far transfer measures: Is it all about fluid intelligence? // *Child Neuropsychology*. 2018. Vol. 24 (3). P. 370—395.
50. Tillman C.M., Nyberg L., Bohlin G. Working memory components and intelligence in children // *Intelligence*. 2008. Vol. 36 (5). P. 394—402.

References

1. Biryukov S.D., Xodakova E.Yu. Flyuidnyj intellekt kak prediktor uspešnosti obučeniya [Fluid Intelligence as Predictor of Academic Success]. In A.N. Voronin (Ed.), *Intellekt i tvorčestvo: Sbornik nauchnyx trudov [Intelligence and creativity: collection of scientific papers]*. Moscow: Institut psixologii RAN, 1999, pp. 66—78.
2. Burdukova Yu.A., Alekseeva O.S., Chizhova B.A., Shcheglova A.V. Svyaz' verbal'noy pamyati i prostranstvennoy rabochey pamyati s intellectom u detey 10—11 let [Elektronny resurs] [Relationships among Verbal Memory, Spatial Working Memory and Intelligence in Children of 10—11 years]. *Psixologo-pedagogicheskie issledovaniya [Psychological-Educational Studies]*, 2017. Vol. 9, no. 4, pp. 43—50. doi:10.17759/psyedu.2017090405. (In Russ., abstr. in Engl.)
3. Rzhanova I.E., Alekseeva O.S., Fominyx A.Ya., Parshikova O.V. Indeks rabochej pamyati kak odin iz osnovnyx pokazatelej testa Vekslera dlya doskol'nikov [Electronic resource] [Working memory index as one of the main scale of Wechsler preschool and primary scale of intelligence — fourth edition]. *Psixologicheskie issledovaniya [Psychological Studies]*, 2018a. Vol. 11, no. 57, pp. 8. URL: <http://psystudy.ru/index.php/num/2018v11n57/1529-rzhanova57.html> (data obrashheniya: 23.12.2018) (In Russ., Abstr. in Engl.)
4. Lyytinen H. Correctsiya dislexii u detey s primeneniem comp'uternoy igri GraphoGame [Helping Dyslexic Children with GraphoGame Digital Game-Based Training Tool (An Interview)]. *Psixologicheskaya nauka i obrazovanie [Psychological Science and Education]*, 2018. Vol. 23, no. 3, pp. 84—86. doi:10.17759/psyedu.2018230308. (In Russ., abstr. in Engl.)
5. Rzhanova I.E., Britova V.S., Alekseeva O.S., Burdukova Yu.A. Flyuidnyj intellekt: obzor zarubezhnyx issledovanij [Electronic resource] [Fluid Intelligence: Review of Foreign Studies]. *Klinicheskaya i special'naya psixologiya [Clinical Psychology and Special Education]*, 2018b. Vol. 7, no. 4, pp. 19—43. doi:10.17759/cpse.2018070402 (In Russ., Abstr. in Engl.)
6. Alloway T.P., Gathercole S.E., Willis C., Adams A.M. A structural analysis of working memory and related cognitive skills in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2004, no. 87, pp. 85—106.
7. Baddeley A.D., Hitch G.J. Working Memory. In G. Bower (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation*. San Diego, CA: Academic Press, 1974. Vol. 8, pp. 47—90. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/s0079-7421\(08\)60452-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0079-7421(08)60452-1)
8. Bayliss D.M., Jarrold C., Baddeley A.D., Gunn D.M., Leigh E. Mapping the developmental constraints on working memory span performance. *Developmental Psychology*, 2005. Vol. 41, no. 4, pp. 579—597.
9. Blair C. How similar are fluid cognition and general intelligence? A developmental neuroscience perspective on fluid cognition as an aspect of human cognitive ability. *Behavioral Brain Science*, 2006. Vol. 29, no. 2, pp. 109—125. doi: 10.1017/S0140525X06009034

10. Cattell R.B. Intelligence: Its structure, growth and action. New York: Elsevier, 1987. 693 p.
11. Chein J.M., Morrison A.B. Expanding the mind's workspace: Training and transfer effects with a complex working memory span task. *Psychonomic Bulletin and Review*, 2010, no. 17, pp. 193—199.
12. Cochrane A., Simmering V., Green C.S. Fluid intelligence is related to capacity in memory as well as attention: Evidence from middle childhood and adulthood. *PLoS one*, 2019, Vol. 14, no. 8., P. e0221353.
13. Colom R. et al. Working memory and intelligence are highly related constructs, but why? *Intelligence*, 2008. Vol. 36, no. 6, pp. 584—606. doi:10.1016/j.intell.2008.01.002
14. Conway A.R. et al. A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, 2002. Vol. 30, no. 2, pp. 163—183. doi:10.1016/S0160-2896(01)00096-4
15. Cowan N. et al. On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive Psychology*, 2005. Vol. 51, no. 1, pp. 42—100. doi:10.1016/j.cogpsych.2004.12.001
16. Dahlin K.I.E. Working memory training and the effect on mathematical achievement in children with attention deficits and special needs. *Journal of Education and Learning*, 2013. Vol. 2, no. 1, pp. 118—133. doi:10.5539/jel.v2n1p118
17. Dempster F.N. Memory span: sources of individual and developmental differences. *Psychological Bulletin*, 1981, no. 89, pp. 63—100.
18. Detterman D.K., Sternberg R.J. How and How Much Can Intelligence Be Increased? Mahwah, NJ: Erlbaum, 1982.
19. Engel de Abreu P.M., Conway A.R., Gathercole S.E. Working memory and fluid intelligence in young children. *Intelligence*, 2010. Vol. 38, no. 6, pp. 552—561. doi:10.1016/j.intell.2010.07.003
20. Engle R.W. Role of working memory capacity in cognitive control. *Current Anthropology*, 2010, no. 51, pp. 1.
21. Engle R.W. Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science*, 2002. Vol. 11, no. 1, pp. 19—23. doi: <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00160>
22. Engle R.W. et al. Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology*, 1999. Vol. 128, no. 3, pp. 309—331. doi:10.1037/0096-3445.128.3.309
23. Fry A.F., Hale S. Relationships among processing speed, working memory, and fluid intelligence in children. *Biological Psychology*, 2000. Vol. 54, no. 1—3, pp. 1—34.
24. Gottfredson L.S. Why g matters: The complexity of everyday life. *Intelligence*, 1997. Vol. 24, no. 1, pp. 79—132.
25. Gray J.R., Chabris C.F., Braver T.S. Neural mechanisms of general fluid intelligence. *Natural Neuroscience*, 2003. Vol. 6, no. 3, pp. 316—322. doi: 10.1038/nn1014
26. Gray S.A. et al. Effects of a computerized working memory training program on working memory, attention, and academics in adolescents with severe LD and comorbid ADHD; a randomized controlled trial. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 2012. Vol. 53, no. 12, pp. 1277—1284. doi:10.1111/j.1469-7610.2012.02592.x
27. Green A.E. et al. Frontopolar cortex mediates abstract integration in analogy. *Brain Research*, 2006. Vol. 1096, no. 1, pp. 125—137. doi: 10.1016/j.brainres.2006.04.024
28. Holmes J., Gathercole S.E., Dunning D. Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental Science*, 2009, no. 12, pp. 1—7. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00848.x.
29. Hornung C., Brunner M., Reuter R., Martin R. Children's working memory: Its structure and relationship to fluid intelligence. *Intelligence*, 2011, no. 39, pp. 210—221.
30. Jaeggi S.M., Buschkuhl M., Jonides J., Perrig W.J. Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2008. Vol. 105, no. 19, pp. 6829—6833.
31. Jaeggi S.M., Buschkuhl M., Jonides J., Shah P. Short- and long-term benefits of cognitive training. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011, no. 108, pp. 10081—10086.
32. Kane M.J. et al. The generality of working memory capacity: A latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning. *Journal of Experimental Psychology. General*, 2004. Vol. 133, no. 2, pp. 189—217. doi: 10.1037/0096-3445.133.2.189
33. Klingberg T., Forssberg H., Westerberg H. Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 2002, no. 24, pp. 781—791. doi:10.1076/jcen.24.6.781.8395
34. Kramer A.F., Willis S.L. Enhancing the cognitive vitality of older adults. *Current Directions in Psychological Science*, 2002, no. 11, pp. 173—177.
35. Kyllonen P.C., Christal R.E. Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity?! *Intelligence*, 1990. Vol. 14, no. 4, pp. 389—433. doi:10.1016/S0160-2896(05)80012-1
36. Linares R., Borella E., Lechuga M.T., Carretti B., Pelegrina S. Training working memory updating in young adults. *Psychological research*, 2018. Vol. 82, no 3, pp. 535—548.
37. Meiran N., Dreisbach G., von Bastian C.C. Mechanisms of working memory training: Insights from individual differences. *Intelligence*, 2019. Vol. 73, pp. 78—87.

38. Nisbett R.E. et al. Intelligence. *New Findings and Theoretical Developments. American Psychologist*, 2012. Vol. 67, no. 2, pp. 130—159. doi:10.1037/a0026699
39. Otero T.M. Brief review of fluid reasoning: Conceptualization, neurobasis, and applications. *Applied Neuropsychology: Child*, 2017. Vol. 6, no. 3, pp. 240—211. doi: 10.1080/21622965.2017.1317484
40. Raven J.C., Court J.H., Raven J. *Manual for Raven's Progressive Matrices and Vocabulary Scales*. London: Lewis, 1983.
41. Redick T.S. et al. What's working in working memory training? An educational perspective. *Educational Psychology Review*, 2015. Vol. 27, no. 4, pp. 617—633. doi:10.1007/s10802-010-9387-0.
42. Rogers M. et al. Inattention, working memory, and academic achievement in adolescents referred for attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Child Neuropsychology*, 2011. Vol. 17, no. 5, pp. 444—458. doi:10.1080/09297049.2010.544648
43. Sala G., Gobet F. Cognitive training does not enhance general cognition. *Trends in cognitive sciences*, 2018.
44. Schmiedek F., Lovden M., Lindenberger U. Hundred days of cognitive training enhance broad abilities in adulthood: Findings from the COGITO study. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 2010, no. 2, pp. 1—10. doi:10.3389/fnagi.2010.00027
45. Schroeders U., Schipolowski S., Zettler I., Golle J., Wilhelme O. Do the smart get smarter? Development of fluid and crystallized intelligence in 3rd grade. *Intelligence*, 2016, no. 59, pp. 84—95.
46. Siegel L.S. Working memory and reading: a life-span perspective. *International Journal of Behavioral Development*, 1994, no. 17, pp. 109—124.
47. Sternberg R.J. Increasing fluid intelligence is possible after all. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2008. Vol. 105, no. 19, pp. 6791—6792.
48. Swanson H.L. Working memory and intelligence in children: What develops? *Journal of Educational Psychology*, 2008. Vol. 100, no. 3, pp. 581—602.
49. Swanson H.L., McMurren M. The impact of working memory training on near and far transfer measures: Is it all about fluid intelligence? *Child Neuropsychology*, 2018. Vol. 24, no. 3, pp. 370—395.
50. Tillman C.M., Nyberg L., Bohlin G. Working memory components and intelligence in children. *Intelligence*, 2008. Vol. 36, no. 5, pp. 394—402.

Информация об авторах

Ржанова Ирина Евгеньевна, научный сотрудник, Психологический институт Российской академии образования (ФГБНУ ПИРАО), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8100-8917>, e-mail: irinanzhanova@mail.ru

Алексеева Ольга Сергеевна, научный сотрудник, Психологический институт Российской академии образования (ФГБНУ ПИРАО), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0794-2327>, e-mail: olga_alexeeva@mail.ru

Бурдукова Юлия Андреевна, кандидат психологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Московский государственный психолого-педагогический университет» (ФГБОУ ВО МГППУ), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4827-2040>, e-mail: julia_burd@inbox.ru

Information about the authors

Irina E. Rzhanova, Research Fellow, Psychological Institute of the Russian Academy of Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8100-8917>, e-mail: irinanzhanova@mail.ru

Olga S. Alekseeva, Research Fellow, Psychological Institute of the Russian Academy of Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0794-2327>, e-mail: olga_alexeeva@mail.ru

Yulia A. Burdukova, PhD (Psychology), Associate Professor, Moscow State University of Psychology & Education (MSUPE), Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4827-2040>, e-mail: julia_burd@inbox.ru

Получена 08.11.2019

Received 08.11.2019

Принята в печать 26.02.2020

Accepted 26.02.2020