

УДК: 159.922

doi: 10.11621/vsp.2021.02.13

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ЭКСПЕРТАМИ И НОВИЧКАМИ В ОБЛАСТИ ХИМИИ: АНАЛИЗ ОШИБОК, ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ

И.В. Блинникова*¹, Ю.А. Ишмуратова²

¹МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

²Психологический институт РАО, Москва, Россия.

Для контактов*. E-mail: blinnikova-iv@yandex.ru

Актуальность. Проблема профессионального опыта является одной из самых обсуждаемых в современной психологии труда. Усилия исследователей направлены на раскрытие и описание системы когнитивных и метакогнитивных умений и навыков, которая дает преимущество опытным профессионалам. Однако здесь остается еще много противоречий и неизученных аспектов.

Цель работы — с помощью анализа показателей результативности и движений глаз выявить специфические особенности решения задач химиками, находящимися на разных ступенях профессионального опыта.

Методики и выборка. В экспериментальном исследовании приняли участие 35 опытных (экспертов) и начинающих (новичков) профессионалов в области химии. Они должны были читать описания, находить ошибки и заполнять пропуски в схемах химических процессов. Задачи были созданы на основе технологических регламентов производства химической продукции. Регистрировалось время выполнения, допущенные ошибки и показатели движений глаз с помощью системы бесконтактной видеорегистрации SMI Hi-Speed с частотой 1200 Гц.

Результаты показали, что время выполнения и количество ошибок были существенно ниже у экспертов, чем у новичков. Также между двумя группами были установлены значимые различия в средней длительности морганий, свидетельствующие о более высоком эмоциональном напряжении у начинающих специалистов. Другие отличия в показателях движений глаз продемонстрировали, что эксперты склонны к фокальному типу когнитивной обработки. Это проявлялось в более длительных фиксациях, коротких и медленных саккадах. Также для экспертов было характерно дифференцированное распределение внимания и когнитивных усилий относительно разных частей задачи и меньшее количество переходов между ними. Общий

анализ показал, что эксперты, решая задачи, в большей степени опираются на ментальные репрезентации и предыдущие знания, в то время как новички ориентируются на информацию, представленную на слайдах.

Выводы. Полученные данные позволили продемонстрировать превосходство экспертов в решении химических задач и раскрыть когнитивную структуру профессионального опыта.

Ключевые слова: профессиональный опыт, экспертность, эксперты и новички, анализ химических процессов, решение задач, когнитивная обработка, когнитивные стратегии, движения глаз

Для цитирования: *Блинникова И.В., Ишмуратова Ю.А.* Решение задач экспертами и новичками в области химии: анализ ошибок, времени выполнения и параметров движений глаз // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2021. № 2. С. 281–313. doi: 10.11621/vsp.2021.02.13

Поступила в редакцию: 10.02.2021 / Принята к публикации: 23.03.2021

PROBLEM SOLVING BY EXPERTS AND NOVICES IN CHEMISTRY: ANALYSIS OF ERRORS, RUN TIMES AND PARAMETERS OF EYE MOVEMENTS

Irina V. Blinnikova^{1*}, Yulia A. Ishmuratova²

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

²Psychological Institute of Russian Academy of Education, Moscow, Russia.

*Corresponding author. E-mail: blinnikova-iv@yandex.ru

Background. Professional experience is one of the most discussed problems in modern labor psychology. Researchers are trying to expose and describe the system of cognitive and metacognitive skills and abilities, which gives an advantage to experienced professionals. However, there is still a sufficient number of contradictions and unexplored aspects.

The aim of the study is to identify specific features of problem solving by chemists at different levels of professional experience by analyzing performance indicators and eye movements.

Techniques and sampling. The pilot study involved 35 experts and novices in the field of chemistry. They were asked to read descriptions, find errors and fill in gaps in chemical process diagrams. The tasks were based on technological

regulations for the production of chemical products. We recorded the run time, errors and indicators of eye movements with the SMI Hi-Speed contactless video recording system with a 1200 Hz frequency.

The results showed that the run time and the number of errors were significantly lower for experts than for novices. In addition, the two groups featured significant differences in the average duration of blinking, indicating a higher emotional stress among novices. Other eye movement differences demonstrated that experts tend to favor focal type of cognitive processing. This is revealed in longer fixations, short and slow saccades. Also, the experts were characterized by an uneven distribution of attention and cognitive efforts relative to different parts of the task and by a smaller number of transitions between them. The general analysis showed that experts, solving problems, rely more on mental representations and previous knowledge, while novices are guided by the information presented on the slides.

Conclusions. The data demonstrate the superiority of experts in solving chemical problems and reveal the cognitive structure of professional experience.

Keywords: professional experience, experts and novices, analysis of chemical processes, problem solving, cognitive processing, cognitive strategies, eye movements.

For citation: Blinnikova, I.V., Ishmuratova, Y.A. (2021) Problem solving by experts and novices in chemistry: analysis of errors, run times and parameters of eye movements. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 14. Psikhologiya* [Moscow University Psychology Bulletin], 2, P. 281–313. doi: 10.11621/vsp.2021.02.13

Received: February 10, 2021 / Accepted: March 23, 2021

1. Сравнение экспертов и новичков в психологических исследованиях

В последние годы на стыке психологии труда и когнитивной психологии оформилось новое направление — «психология экспертов и/или экспертизы». Это становится все более заметным как в зарубежном (Ericsson et al., 2018; Ward et al., 2019), так и в российском (Спиридонов, 2013; Кричевец, Шварц, Чумаченко, 2014) научном контексте. Под «экспертизой¹» понимается высокий уровень вы-

¹ Данное понимание несколько расходится с использованием термина «экспертиза» в русском языке. Последнее подразумевает исследование, анализ и оценку фактов или проблем, вынесение заключения на их основе. Тем не менее, Б.Г. Юдин

полнения задач в конкретной профессиональной области (Bourne, Kole, Nealy, 2014). Понятие «эксперт» обозначает специалистов, обладающих достаточными знаниями и опытом для достижения превосходных результатов (Feldon, 2007). Если сначала к экспертам причисляли только профессионалов высочайшей квалификации² (Ericsson, Smith, 1991), привлекаемых для оценок и решения сложных проблем, то в дальнейшем к ним стали относить более широкий круг специалистов, имеющих продолжительный стаж работы и успешно справляющихся с трудовыми задачами (Feldon, 2007). Экспертов обычно противопоставляют «новичкам», — или тем, кто стоит на более низких ступенях профессионального опыта — любителям или начинающим специалистам³.

В своих областях знаний эксперты устойчиво решают задачи быстрее и с меньшим количеством ошибок, чем все прочие категории испытуемых (Ericsson et al., 2018). Всех интересует, что стоит за таким превосходством, чем обеспечивается преимущество опытных профессионалов? Для того, чтобы ответить на этот вопрос, необходимо выявить особые возможности экспертов, такие как способности, системы знаний, когнитивные и метакогнитивные стратегии, умения и навыки. Д. Макклеланд полагал, что сравнение экспертов и новичков открывает новые перспективы для обучения, отбора, развития профессионалов (McClelland, 1973; Harsh et al., 2019). Также формирование этого направления связано с конструированием особых технологий — «экспертных систем», обеспечивающих поддержку анализа проблем и принятия решений (Величковский, 2006).

Интерес к изучению возможностей экспертов возник еще в XIX веке. В диссертации Дж. Кеттела, защищенной под руководством В. Вундта в 1886 году, анализировалось влияние опыта на скорость

дает более широкое определение данному понятию как особой «работе со знаниями, направленной не на получение новых знаний в той или иной области, а на применение уже имеющихся знаний для подготовки и принятия решений в самых различных сферах практики» (Юдин, 2009).

² Такой взгляд и сегодня разделяет ряд западных специалистов, для которых экспертность является синонимом одаренности и обеспечивается генетически обусловленными индивидуальными качествами (см. Hambrick et al., 2018). Мы следуем теоретическому направлению К.А. Эриксона (см. Ericsson et al., 2018) и Ф. Гобе (Gobet, 2016), постулирующих тесную связь экспертности профессионалов с практикой, с накоплением опыта.

³ В некоторых исследованиях экспертов сравнивают не только с начинающими специалистами, но и с теми, кто не достиг заметных успехов в профессиональных занятиях (Блинникова, Удод, 2011; Carmichael et al., 2010).

доступа к системам долговременного хранения информации и вынесение суждений (Cattell, 1887). Высказанные идеи не получили прямого развития в психологии того времени, — к ним вернулись существенно позднее, уже во середине XX века. Де Гроот (de Groot, 1946) изучал особенности решений шахматных задач высококлассными игроками, записывая их рассуждения вслух. Он обнаружил, что эксперты в области шахмат мгновенно оценивают и запоминают шахматную позицию. Эти исследования послужили отправной точкой для работ Герберта Саймона и его коллег (Chase, Simon, 1973; Simon, Gobet, 2000), в которых «превосходство» опытных шахматистов связали с особенностями экспертного знания и форм его репрезентирования.

Вплоть до сегодняшнего дня эти тезисы находят своих сторонников (Gobet, 2016). Однако все чаще превосходство экспертов объясняют не способностью накапливать и структурировать знания, а таким качеством профессионала как «экспертность⁴», под которым понимается сложная система способов и приемов решения задач. Данная система включает в себя множественные классы когнитивных и метакогнитивных действий и операций, позволяющие различать и классифицировать объекты, выделять ключевую информацию, делать умозаключения и т.п. Предполагается, что характер обработки информации у опытных профессионалов отличается от тех, кто только начинает накапливать профессиональный опыт. Например, в некоторых работах было показано, что эксперты предпочитают использовать возможности информационных потоков «сверху-вниз», в то время как менее опытные профессионалы опираются в основном на когнитивные процессы «снизу-вверх» (Chi, Feltovich, Glaser, 1981). Экспертность формируется в ходе обучения и практической деятельности и воплощается в специфичные стратегии когнитивного выполнения (Ericsson, Smith, 1991; Feldon, 2007)⁵.

⁴ В традиции, заложенной исследованиями Г. Саймона и коллег (см. Блинникова, Ишмуратова, 2019), экспертность рассматривается скорее как когнитивная компетентность, однако это понятие может иметь и более расширенное наполнение. В ряде недавних работ было показано, что экспертов характеризует особый взгляд на свою профессиональную деятельность, предмет своего труда и самого себя как профессионала (Абдуллаева, 2017; 2019). Такие факты задают несколько иную — личностную перспективу рассмотрения экспертов и экспертности.

⁵ Эти представления, во-многом, совпадают с понятием профессионального опыта, которое активно разрабатывалось Ю.К. Стрелковым (2007; 2010), и определялось как сложная система способов, приемов и правил решения задач, складывающаяся в результате обучения и собственно трудовой деятельности.

Попытки раскрыть природу экспертности часто наталкивают на трудности. Одна из проблем связана с тем, что только часть когнитивных и метакогнитивных ресурсов профессионалов может быть ясно осознана, описана и планомерно использована (Cianciolo et al., 2018). В связи с этим нужно найти методы, которые позволят вскрыть неосознаваемые пласты профессионального опыта, выявить стратегии информационной обработки, доступа к системам хранения, использования знаний и правил. Для этого исследователи обращались к анализу рассуждений вслух (Chi, Feltovich, Glaser, 1981), карандашных набросков (Stofer, 2016), непрямых оценок (Абдуллаева, 2017; Спиридонов, 2013) и др. Наряду с этим достаточно рано в исследованиях экспертов и новичков стали применяться технологии регистрации движений глаз (Chase, Simon, 1973).

2. Анализ движений глаз экспертов и новичков в процессе решения задач

Метод регистрации движений глаз позволяет выявить различия в обработке информации при решении одних и тех же визуально представленных задач (Just, Carpenter, 1980). Записи окулоmotorной активности фиксируют направленность взора и его перемещения. Обычно регистрируются два класса метрических единиц — фиксации и саккады (Белопольский, 2007). Фиксациями называют периоды относительно неподвижного взора, когда, предположительно, и осуществляется переработка информации. Длительность фиксаций связывают с уровнем глубины и сложности этой переработки и (Velichkovsky et al., 2005; Holmqvist et al., 2011). Особое значение придается длительности первой фиксации, которую интерпретируют как показатель скорости ориентировки в задаче и обращения к системам знания (Clifton et al., 2007). Межсаккадические интервалы разной длительности соотносятся с характером сложной деятельности профессионала (Костин, Голиков, 2014; Klostermann, Moeinirad, 2020). Также обращают внимание на количество, частоту и общую длительность фиксаций относительно отдельных областей задачи, полагая, что это свидетельствует об их значимости (Duchovski, 2007). Саккады — это быстрые перемещения взора между отдельными локациями. Постулируется, что информация в эти моменты не обрабатывается, но направленность и характеристики саккад позволяют раскрыть стратегию решения (Holmqvist et al., 2011). Учитывают такие показатели как длительность, амплитуда и скорость саккадических движений. В последнее время усилия направлены на поиск интегративных

показателей: в качестве таковых используют «путь сканирования» (scanpath) — как последовательность фиксаций и саккад (Rabeson, Blinnikova, 2020), или соотношение длительности фиксаций и саккад (Blinnikova, Rabeson, Izmalkova, 2019; Velichkovsky et al., 2005).

Анализ показателей движений глаз в процессе решения задач экспертами и новичками предоставил исследователям большой объем данных и позволил выявить множество закономерностей. Установленные факты касались, прежде всего, характера переработки информации, распределения внимания между разными частями задачи и стратегиями перемещения взгляда. Что касается когнитивной обработки, то нужно признать, что получаемые результаты часто противоречили друг другу. Уже в первых работах исследователи наткнулись на своеобразный феномен, заключающийся в том, что эксперты могут решать сложные задачи, бросив на них единственный взгляд. Например, гроссмейстеры устанавливают позиции контрольных точек на шахматной доске, почти не перемещая взгляда, а опытные рентгенологи способны обнаруживать рак на маммограмме в доли секунды (см. Sheridan, Reingold, 2017). В дальнейшем это нашло подтверждение в выделенном паттерне экспертов — «небольшое количество более длительных фиксаций» (Klostermann, Moeinirad, 2020). Такие данные могут получить объяснение с точки зрения холистической модели восприятия образной информации (Kundel et al., 2007), которая предполагает, что у экспертов формируется способность более широкого охвата исследуемого пространства за счет включения в обработку стимуляции из парафовеальных областей. Это позволяет более опытным профессионалам работать с большими объемами информации и тем самым сокращать общее время на решение задачи.

В других исследованиях, напротив, было показано, что решения задач экспертами осуществляется за счет множества коротких фиксаций глаза (Gegenfurtner, Lehtinen, Säljö, 2011; Xiong et al., 2016). Эти данные вполне объяснимы с учетом того, что в процессе накопления профессионального опыта происходит переход к более быстрым и автоматизированным способам когнитивной обработки (Feldon, 2007). Кроме этого, во многих работах не обнаруживается значимой разницы между экспертами и новичками в длительности и количестве фиксаций (Klostermann, Moeinirad, 2020). Такая вариативность в результатах может быть связана с особенностями профессиональных знаний, задач и инструкций (Havelková, Golebiowska, 2020). Но в любом случае можно утверждать, что экспертность не проявляется в простых глазо двигательных параметрах.

Разница между экспертами и новичками может быть обнаружена в распределении внимания между отдельными компонентами задачи. Обычно разные части задачи выделяют как «области интереса» и анализируют показатели движений глаз относительно каждой из них. Этот момент стал центральным для модели Х. Хайдер и П. Френча (Haider, Frensch, 1999), которая строится вокруг гипотезы информационной редукции. Выделение значимых информационных областей позволяет сокращать объем перерабатываемой информации. В одном из исследований шахматистов (Charness et al., 2001) было показано, что у экспертов большая доля фиксаций приходилась на расположение более значимых фигур. В другой работе (Kristjanson, Antes, 1989) было установлено, что эксперты (профессиональные художники) по сравнению с новичками (не художниками) имели более высокую плотность фиксаций на ключевых деталях картин. Кроме этого, анализ собранных в разных исследованиях данных, показал, что у экспертов регистрируется более короткое время первой фиксации на релевантных областях (Gegenfurtner, Lehtinen, Säljö, 2011).

Многие авторы соотносят параметры движений глаз с разными аспектами предъявленной информации. В частности, было показано, что новички или менее успешные профессионалы характеризуются вниманием к перцептивно выступающим деталям, в то время как внимание экспертов часто направлено на перцептивно бедные участки (Carmichael et al., 2010; Sheridan, Reingold, 2017). В недавнем исследовании (Atkins, 2016) принимали участие студенты выпускных курсов и научные сотрудники в области метеорологии, которые должны были анализировать графики климатических изменений. Оказалось, что менее опытные испытуемые фокусировали внимание на информации, которая помогла считать данные, а эксперты были сосредоточены на той информации, которая помогла понять и интерпретировать представленные данные. Такие данные заставляют связывать превосходство экспертов с использованием ранее приобретенных знаний, что подтверждает объяснительную модель М. Чи, П. Фелтовича и Р. Глэйзера (Chi, Feltovich, Glaser, 1981).

Сегодня назрела ясно осознаваемая необходимость применить системный подход к выявлению сущностных характеристик экспертности, попробовать построить ее когнитивную архитектуру, связав все уровни когнитивных умений и навыков и описав когнитивные стратегии. Именно эту задачу мы решали в рамках экспериментального исследования.

3. Экспериментальное сравнение эффективности и стратегий решения задач по химии экспертами и новичками

Мы поставили перед собой цель сравнить эффективность и стратегии решения задач, требующих актуализации знаний по химии, экспертами и новичками. Выбор профессиональной группы был обусловлен рядом соображений. В последнее время повысился интерес исследователей к экспертам в области естественно-научного знания (Feldon, 2016) — физики (Carmichael et al., 2010), географии (Keskin et al., 2020), метеорологии (Atkins, 2016), химии (Kosma, Russel, 1997; Torczewski et al., 2016) и др. Это связано с тем, что на сегодняшний день характер экспертности в этих областях изучен явно недостаточно, при этом требования к подготовке специалистов и развития у них когнитивных компетенций с каждым годом повышается.

Кроме этого, химическое знание обладает рядом специфических особенностей. Р. Козьма и Д. Рассел отмечают, что понимание предмета химии основывается на представлении и анализе неосязаемых элементах вещества. Объяснение химических процессов требует построения ментальных репрезентаций. Говорят даже об особой репрезентационной компетентности химиков, которая включает в себя умения и навыки, обеспечивающие успешное использование ментальных репрезентаций для решения профессиональных задач (Kosma, Russel, 1997).

Для проведения эксперимента были разработаны схематические задачи, которые позволили комплексно подойти к проблеме выявления стратегий экспертов и новичков. Стоит подчеркнуть, что изучение схематической и графической информации является значимой частью любого естественно-научного знания (Angra, Gardner, 2016). Более того, в последнее время обучение чтению графических материалов выделяют в качестве отдельной компетенции и в физике, и в химии, и в других естественно-научных дисциплинах (Harsh et al., 2019). В нашем исследовании испытуемым пришлось соотносить знания, полученные из текстовой информации с их схематическими изображениями, что задавало специфичную структуру когнитивного выполнения.

Мы высказали ряд предположений: первая гипотеза касалась «превосходства экспертов», мы полагали, что они будут решать предложенные задачи быстрее и с меньшим количеством ошибок;

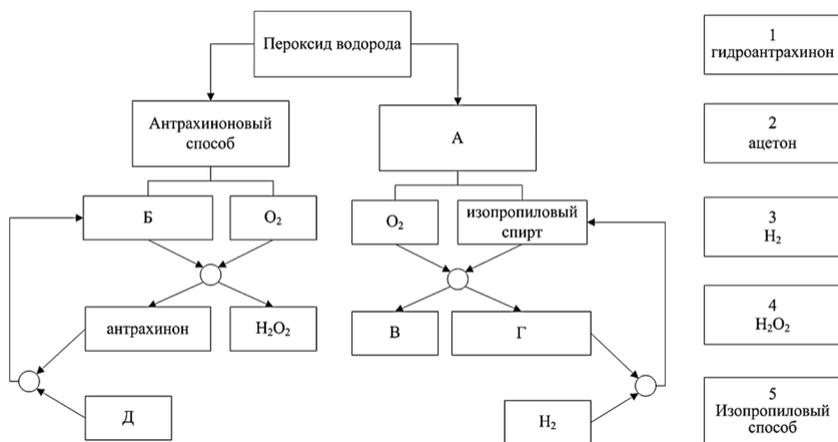


Рис.1. Пример предъявляемого задания на заполнение пропусков, справа расположено «пространство схемы», а слева — «пространство ответов». В качестве правильных ответов нужно было переместить блок 1 в ячейку «Б», блок 2 — в ячейку «Г», блок 3 — в ячейку «Д», блок 4 — в ячейку «В», блок 5 — в ячейку «А»

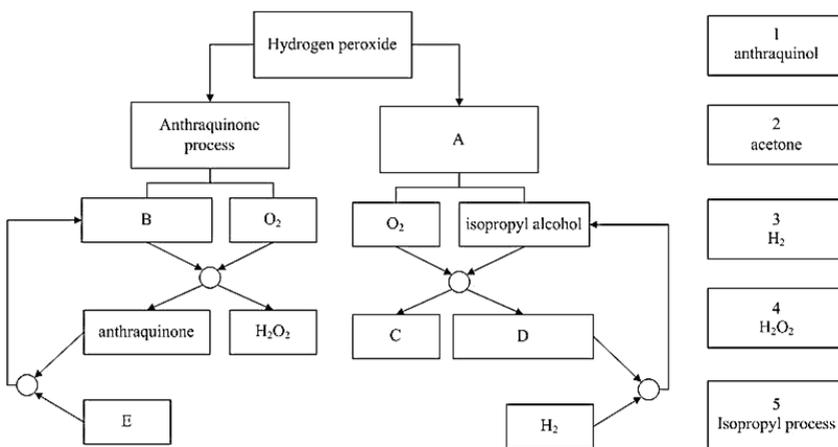


Fig. 1. An example of a fill-in-the-gap task, the scheme space is on the right and the answer space is on the left. To complete the task, one needed to move block 1 to cell B, block 2 to cell D, block 3 to cell E, block 4 to cell C, block 5 to cell A

вторая — касалась существования различий в стратегиях решения задач экспертами и новичками, которые проявляются в параметрах движений глаз. Мы полагали, что эксперты при решении профессиональных задач в большей степени 1) ориентированы на использование ментальных ресурсов; 2) дифференцируют информационный контекст задачи на более и менее релевантные блоки; 3) используют разные типы когнитивной обработки по отношению к релевантным и нерелевантным информационным блокам.

3.1. Методика

Испытуемые. В исследовании приняли участие 35 химиков в возрасте от 17 до 55 лет (средний возраст — 35 лет). Они были разделены на две группы по критерию стажа и опыта работы: а) 17 человек — студенты выпускного курса химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и РХТУ имени Д.И. Менделеева со средним стажем работы — 0,5 лет; б) 18 человек — профессиональные химики со средним стажем работы — 10 лет.

Стимульный материал и задачи. Экспериментальные задания были созданы с помощью высококлассных специалистов-химиков на основе технологических регламентов производства химической продукции. Речь шла о производстве лаков, перекиси водорода, винилхлорида, пенополиуретана (всего четыре процесса). Каждое задание состояло из описания химического процесса и двух задач, требующих анализа схематических изображений этого процесса, в которых присутствовали либо пропуски (см. рис. 1), либо ошибки (см. рис. 2). Описания и задачи предъявлялись последовательно на отдельных слайдах. Были выделены «зоны интереса» («area of interest» или АОИ), которые в дальнейшем позволяли анализировать оculoмоторные показатели относительно разных областей задачи.

Процедура. Сначала испытуемым давалась инструкция внимательно прочитать текст и составить представление об описанном химическом процессе. После ознакомления они нажимали кнопку «далее» и переходили к следующему слайду с первой задачей на заполнение пробелов, далее — к задаче на обнаружение ошибок. В схемах с пропусками нужно было найти пропущенные элементы в предъявленном на том же слайде списке (см. рис. 1). В схемах с ошибками следовало обнаружить неправильно вставленные блоки (см. рис. 2). Время ознакомления с текстом и решения задач не ограничивалось. Задачи решались с помощью «кликов» компьютерной мыши.

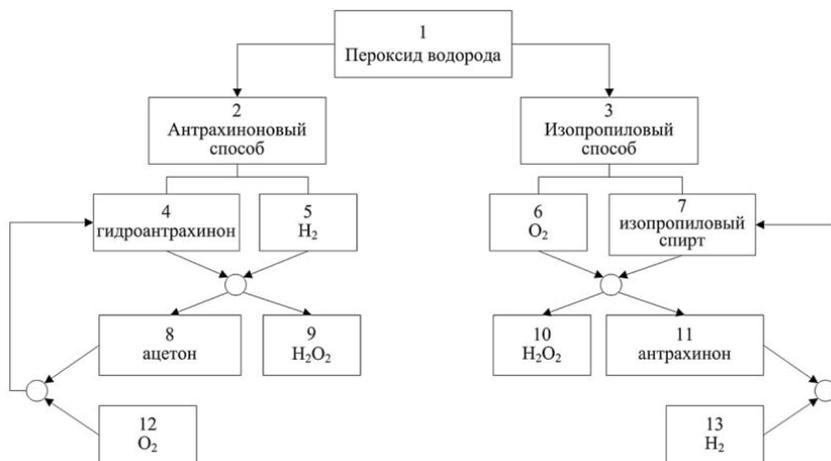


Рис. 2. Пример предъявляемого задания на поиск ошибок, испытуемый должен был найти неправильно расположенный химический элемент и указать его правильное месторасположение. В качестве зон интереса выделялись ячейки с правильными и неправильными элементами. В данном случае неправильно расположены вещества в ячейках 5, 8, 11 и 12

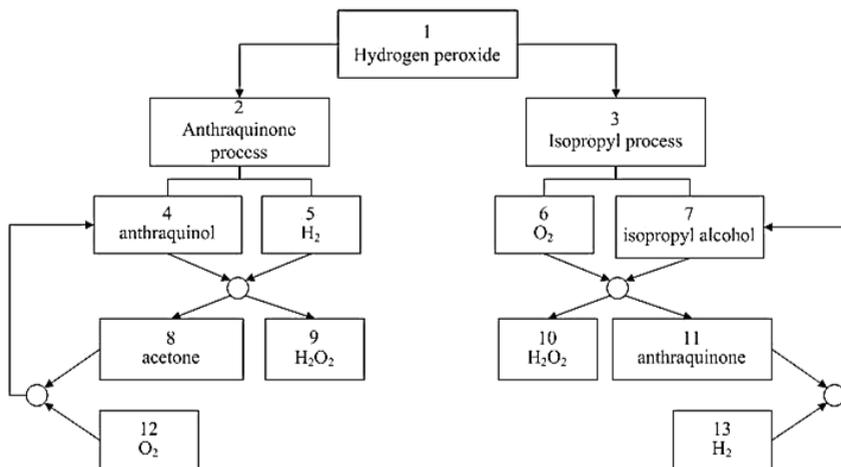


Fig. 2. An example of an error detection task, the subject was to find an incorrectly located chemical element and indicate its correct location. Cells with correct and incorrect elements were highlighted as areas of interest. In this case, the substances incorrectly located are those in cells 5, 8, 11 and 12

Аппаратура и программное обеспечение. Создание эксперимента проводилось в программной среде «SMI ExperimentCenter». Предъявление стимулов осуществлялось с помощью 19" ЖК-монитора, расположенного на расстоянии 60–65 см от испытуемого. Бесконтактная регистрация окуломоторной активности проводилась с помощью системы SMI Hi-Speed с частотой 1200 Гц. Для фиксации головы использовалась подбородная опора.

Регистрировались следующие показатели: время ознакомления с текстом и решения задач; основные показатели движений глаз, такие как количество и длительность фиксаций; частота, длительность, амплитуда и скорость саккад; латентное время «кликов» компьютерной мыши. Также анализировалась длительность морганий. Все временные и окуломоторные показатели фиксировались автоматически. Ответы испытуемых в каждой пробе вносились экспериментатором в протокол и кодировались как правильные или неправильные.

Статистическая обработка данных. Первичная обработка данных осуществлялась с помощью программного обеспечения BeGaze 3.6 компании SMI. Дальнейшая обработка проводилась с помощью SPSS Statistic' 20.

3.2. Результаты и обсуждение

Мы проанализировали и сравнили результаты выполнения всех заданий (чтение текстов, заполнение пропусков, обнаружение ошибок) экспертами и новичками с учетом показателей эффективности и параметров движений глаз.

Показатели эффективности выполнения. Эффективность выполнения рассматривалась нами как соотношение результативности решения задачи и тех усилий, которые испытуемые предпринимают для достижения успеха. В качестве основных показателей результативности выступали время выполнения и количество ошибок.

Опытные профессионалы справлялись с заданиями значительно быстрее ($F(1,418) = 69,88, p < 0,001$). Для решения каждой задачи требовалось разное время, поскольку они отличались и по существу, и по количеству представленной информации (данные приведены в табл. 1). На чтение текстов эксперты затрачивали минуту с третьей, в то время как новичкам требовалось больше двух минут. Задача заполнения пропусков решалась опытными профессионалами приблизительно за минуту, а новичкам нужно было больше полутора минут. Самые незначительные различия фиксировались в задаче

поиска ошибок: эксперты тратили на ее выполнение на 4,42 секунды меньше. Ошибки при чтении текстов не регистрировались, но в задачах со схемами были зафиксированы значимые различия по их количеству (см. табл. 1). В целом, опытные профессионалы допускали в три раза меньше ошибок, чем начинающие специалисты; различия высокозначимы ($F(1,278) = 22,31, p < 0,001$).

Таблица 1

Сравнение времени выполнения и процента ошибок у экспертов и новичков в заданиях разного типа

Показатели	Задания	Все испытуемые	Новички	Эксперты	F (1,138)	Значимость различий
Время выполнения задания (с)	Чтение текста	103,57	125,95	79,88	69,88	$p < 0,001$
	Заполнение пропусков	75,13	95,49	53,57	59,23	$p < 0,001$
	Обнаружение ошибок	27,66	29,81	25,39	3,86	$p < 0,05$
Процент ошибочных ответов (n)	Заполнение пропусков	26,42	44,15	8,75	10,79	$p < 0,01$
	Обнаружение ошибок	30,71	40,93	19,85	17,60	$p < 0,001$

Table 1

Comparison of performance time and percentage of errors among experts and novices in tasks of different types

Parameters	Tasks	All subjects	Novices	Experts	F (1,138)	Sig.
Task performance time (s)	Text reading	103.57	125.95	79.88	69.88	$p < 0.001$
	Gaps filling	75.13	95.49	53.57	59.23	$p < 0.001$
	Errors detection	27.66	29.81	25.39	3.86	$p < 0.05$
Incorrect answers (n)	Gaps filling	26.42	44.15	8.75	10.79	$p < 0.01$
	Errors detection	30.71	40.93	19.85	17.60	$p < 0.001$

Преимущество экспертов обнаруживается не только в более быстром и безошибочном выполнении, но и в том, что они тратили меньше сил и находились в более оптимальном состоянии. Для оценки вложенных усилий мы выбрали объективный показатель длительности морганий. В этом мы опирались на данные, свидетельствующие, что этот параметр возрастает при увеличении объемов поступающей информации и положительно коррелирует с уровнем эмоциональной напряженности испытуемых (см. Holmqvist et al., 2011). Эксперты и новички в нашем исследовании значительно различались по длительности морганий ($F(1,418) = 24,55, p < 0.01$). У новичков этот показатель был более высоким, что свидетельствовало о большей степени затрачиваемых усилий и эмоциональной напряженности при выполнении заданий (см. рис. 3). Этот результат заслуживает самого пристального внимания, поскольку открывает хорошие перспективы для дистантной диагностики профессиональной компетентности.

В целом, установленные факты свидетельствуют о превосходстве опытных профессионалов в решении химических задач. Такой результат подтверждает данные других исследований (Kosma, Russel, 1997; Torczewski et al., 2016). Для того чтобы понять на чем основывается данное преимущество, мы проанализировали параметры движений глаз испытуемых в процессе выполнения заданий.

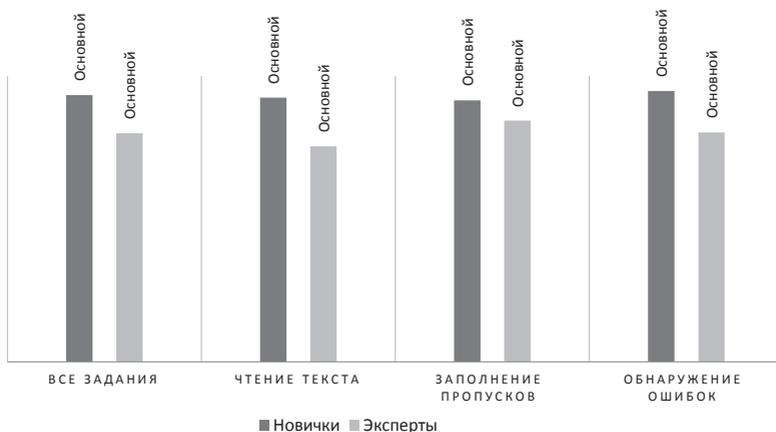


Рис. 3. Средняя длительность морганий новичков и экспертов при выполнении разных заданий в мс

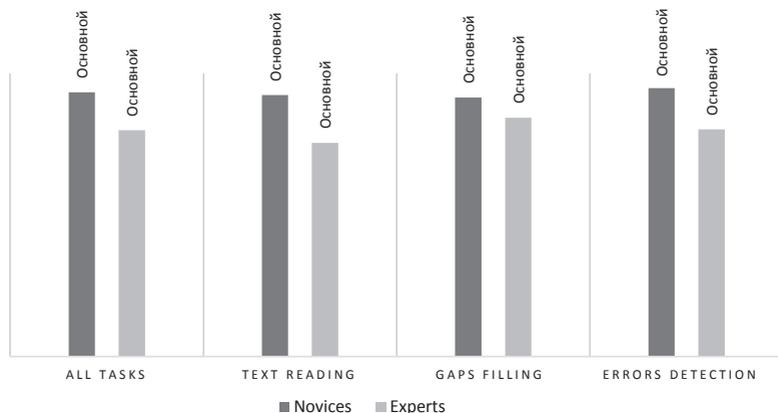


Fig. 3. Average duration of blinking among novices and experts when performing different tasks in ms

Обобщенный анализ данных движений глаз. Ряд окулоmotorных показателей были связаны со временем выполнения, такие как — количество фиксаций и саккад, общая протяженность и длительность сканирования. Поскольку новички затрачивали больше времени на выполнение заданий, все эти индексы были у них значительно выше, чем у экспертов. Более интересные данные касались усредненных показателей длительности фиксаций, амплитуды и скорости саккад. У экспертов средняя длительность фиксаций была выше, чем у новичков (215,41 vs 208,35 мс) при средней значимости различий ($F(1, 418) = 5,93, p = 0,015$). Также мы обратили внимание на то, что амплитуда (6,10 vs 6,61 град) и скорость (118,05 vs 132,44 град/с) саккад у экспертов была ниже, чем у новичков, но в этом случае различия были слабозначимыми ($p < 0,1$).

Более длительные фиксации, короткие и медленные саккады соответствуют фокальному типу когнитивной обработки. Б.М. Величковский считает, что он опирается не только на сенсорную информацию, но и на хранящиеся в памяти смысловые конструкторы. Кроме этого, фокальная обработка предполагает использование более высокого уровня когнитивного контроля (Величковский, 2006. Т. 1. С. 242). Именно такой тип обработки преобладал у экспертов. У новичков, напротив, проявлялось смещение к амбиентному типу обработки; начинающие профессионалы действовали менее контролируемо и стараются охватить как можно большее пространство

задачи, найти решение, лежащие на поверхности. Это согласуется с результатами более ранних исследований (Блинникова, Ишмуратова, 2019; Izmalkova, Blinnikova, Rabeson, 2021). Данные показали существенными, однако установленные различия были слишком слабозначимыми. Такое положение могло быть связано с фрагментарным характером применения типа обработки. Другими словами, фокальный тип обработки мог применяться экспертами только к отдельным элементам задачи. Для того, чтобы проверить это, мы обработали данные по каждой задаче и для каждой выделенной «зоне интереса».

Анализ движений глаз при чтении описаний химических процессов. В описаниях химических процессов были выделены несколько «зон интереса»: зона с контекстной информацией и три зоны с ключевым для понимания содержанием, включающим вводную, основную и дополнительную информацию о химических реакциях. Было установлено, что эксперты быстрее достигали областей с ключевой информацией, что определялось показателем «время входа в зоны интереса» (у экспертов 25,10 с, а у новичков — 30,57).

Наиболее выразительные данные были получены относительно части текста с описанием последовательности химических реакций. Именно здесь были установлены значимые различия между опытными и начинающими специалистами в средней длительности фиксации ($F(1,138) = 6,61, p = 0,01$); более длительные фиксации наблюдались у экспертов (199,56 vs 213,6 мс). Увеличение средней длительности фиксации в процессе чтения свидетельствует о повышении сложности и глубины переработки (Rayner, 1998). В данном случае вряд ли стоит говорить о том, что для экспертов текст оказывался более сложным, чем для новичков; они знакомились с ним быстрее, и результаты этого ознакомления были более впечатляющими, поскольку в дальнейшем они допускали значимо меньше ошибок.

Данные табл. 2 показывают, что эксперты совершали меньшее количество более длительных фиксаций, но в итоге проводили меньше времени в «зоне интереса» и реже к ней возвращались. Получалось, что они следовали известному крылатому выражению «лучше меньше, да лучше», их когнитивная обработка была более эффективна. Можно предположить, что в ходе каждой фиксации они не просто уделяли внимание отдельным терминам, но связывали их друг с другом, формируя ментальную репрезентацию описываемого процесса. Создаваемая репрезентация позволяла им более прочно удерживать обрабатываемую информацию. Именно поэтому эксперты гораздо

реже возвращались к ключевому описанию и продуктивнее использовали полученные знания в дальнейшем.

Таблица 2

Сравнение окуломоторных показателей экспертов и новичков относительно «зоны интереса» с основной информацией о химических реакциях

Задания	Новички	Эксперты	F (1, 138)	Значимость различий
Средняя длительность фиксаций (мс)	213,60	199,56	6,61	$p < 0,01$
Количество фиксаций	59,10	93,40	17,35	$p < 0,01$
«Dwell time» или время, проведенное в зоне интереса (мс)	14611,70	21762,91	11,91	$p < 0,01$
Количество возвратов	9,88	15,44	21,98	$p < 0,01$

Table 2

Comparison of oculomotor indices of experts and novices in relation to AOI with basic information on chemical reactions (the text reading task)

Eye-movement measures	Novices	Experts	F (1, 138)	Sig.
Average fixation duration (ms)	213.60	199.56	6.61	$p < 0.01$
Number of fixations	59.10	93.40	17.35	$p < 0.01$
«Dwell time» (ms)	14611.70	21762.91	11.91	$p < 0.01$
Number of returns in AOI	9.88	15.44	21.98	$p < 0.01$

Анализ движений глаз при заполнении пропусков в схемах химических процессов. Задание на заполнение пропусков было достаточно сложным. Испытуемому предъявлялась схема, отражавшая ранее описанный химический процесс, но содержавшая пустые ячейки (см. рис. 1). Пропуски необходимо было заполнить, выбрав ответы из приведенного на том же слайде списка.

Задание давалось сразу после прочтения текстов, поэтому особое значение приобрели показатели первичной ориентировки в задании. Все испытуемые делали первую фиксацию на «пространстве схемы», где и были обнаружены значимые различия между экспертами и новичками по длительности этой фиксации. По мнению специалистов,

этот параметр отражает активизацию систем знаний. Например, в одном из исследований (de Graef, Christiaens, d'Ydewalle, 1990) было установлено, что длительность первой фиксации выше на незнакомых и плохо узнаваемых объектах. По нашим данным этот показатель был значимо большим ($F(1,138) = 4,05; p < 0,05$) у неопытных специалистов (192, 35 vs 225,66 мс), что может рассматриваться как демонстрация недостаточной готовности новичков к работе со схемой химического процесса; для них она была менее понятной и более сложной. Разницы в длительности первой фиксации для «пространства ответов» установлено не было.

Таблица 3

Сравнение окуломоторных показателей экспертов и новичков относительно зоны интереса «пространство ответов» в задаче заполнения пропусков в схеме химического процесса

Задания	Новички	Эксперты	F (1,138)	Значимость различий
Средняя длительность фиксаций	223,63	243,51	8,77	$p < 0,01$
Количество фиксаций	136,57	76,13	47,44	$p < 0,01$
Время проведенное в зоне интереса («dwell time»)	33340,93	20374,32	34,70	$p < 0,01$
Количество возвратов	38,65	17,90	88,01	$p < 0,01$

Table 3

Comparison of the oculomotor indices of experts and novices in relation to the 'answer options space' AOI in the scheme of a chemical process (the fill-in-the-gap task)

Eye-movement measures	Novices	Experts	F (1,138)	Sig.
Average fixation duration (ms)	223,63	243,51	8,77	$p < 0,01$
Number of fixations	136,57	76,13	47,44	$p < 0,01$
"Dwell time" (ms)	33340,93	20374,32	34,70	$p < 0,01$
Number of returns in AOI	38,65	17,90	88,01	$p < 0,01$

Также были установлены различия в распределении внимания между «зонами интереса» у экспертов и новичков. Двухфакторный

дисперсионный анализ показал значимое влияние уровня профессионального опыта ($F(1,278) = 90,53; p < 0,01$), «зоны интереса» ($F(1,278) = 66,44; p < 0,01$) и их взаимодействия ($F(1,278) = 8,77; p < 0,01$) для общего времени («dwell time»), проведенного в каждой зоне.

Кроме этого, была выявлена разница по отдельным глазодвигательным показателям в «пространстве ответов» (см. табл. 3). В этой зоне эксперты и новички различались по средней длительности фиксации. Как уже говорилось выше, длительность фиксаций связана с более глубокой и сложной когнитивной обработкой. В добавление к этому Х. Котвэл и Дж. Голдберг настаивают, что увеличение длительности фиксаций связано с нагрузкой на рабочую память (Kotval, Goldberg, 1998). Учитывая все это, мы можем интерпретировать более длительные фиксации экспертов как свидетельство того, что они удерживают необходимую информацию о пропущенном веществе в рабочей памяти и сличают ее со списком ответов. Анализ перемещений взора также свидетельствует в пользу такого предположения. У более опытных профессионалов фиксировалось гораздо меньше переходов между «зонами интереса»⁶. Менее опытные профессионалы придерживались другой стратегии. Их взгляд постоянно перемещался от «пространства схемы» к «пространству ответов», казалось, что новички «примеряют» все ответы к каждому пропущенному блоку.

Анализ движений глаз при поиске ошибок в схемах химических процессов. Задание на обнаружение ошибок давалось на следующем этапе. Судя по времени выполнения, оно представляло для испытуемых меньшую сложность. Им также предъявлялась схема химического процесса, в которой ряд элементов (их было 2 или 4 на каждом слайде) были ошибочно расположенными (см. рис. 2). Испытуемые должны были указать на них курсором компьютерной мыши и переместить на нужную позицию.

Поскольку схема в данном случае предъявлялась уже во второй раз, не было установлено различий в длительности первой фиксации между экспертами и новичками. Наибольшие расхождения между двумя группами испытуемых касались ячеек с ошибками

⁶ Поскольку новички затрачивали больше времени на решение задачи, можно было предположить, что количество возвратов просто является функцией от длительности пребывания на слайде. Поэтому мы подсчитали частоту возвратов в зону интереса. Этот показатель был выше у новичков, они совершали 0,98 возвратов в секунду, в то время как эксперты только 0,81. Различия являются высокозначимыми ($F(1,138) = 13,71; p < 0,01$).

(данные представлены в табл. 4). Было установлено, что группа экспертов имела значимо более продолжительные фиксации в этой зоне ($F(1,138) = 4,08, p < 0,05$). По блокам без ошибок разницы по этому показателю обнаружено не было. Такие результаты говорили, во-первых, о том, что эксперты лучше идентифицировали возможные блоки с ошибками. Во-вторых, более длительные фиксации свидетельствовали об особой когнитивной обработке выделенных областей, которая оказывалась более эффективной и приводила к более высоким результатам в решении задач.

Таблица 4

Сравнение оculoмоторных показателей экспертов и новичков относительно зоны интереса «блоки с ошибками» в задаче обнаружения ошибок в схеме химического процесса

Задания	Новички	Эксперты	F (1, 138)	Значимость различий
Средняя длительность фиксаций	219,68	234,2514	4,08	$p < 0,05$
Количество фиксаций	13,85	10,49	14,00	$p < 0,01$
Время проведенное в зоне интереса («dwell time»)	3055,95	2546,37	6,36	$p = 0,01$
Количество возвратов	7,23	4,79	22,97	$p < 0,001$

Table 4

Comparison of the oculomotor indices of experts and novices in relation to the blocks with errors AOI in the scheme of a chemical process (the error detection task)

Eye-movement measures	Novices	Experts	F (1, 138)	Sig.
Average fixation duration (ms)	219.68	234.2514	4.08	$p < 0.05$
Number of fixations	13.85	10.49	14.00	$p < 0.01$
«Dwell time» (ms)	3055.95	2546.37	6.36	$p = 0.01$
Number of returns in AOI	7.23	4.79	22.97	$p < 0.001$

Здесь также необходимо учитывать дополнительную информацию. Эксперты не просто осуществляли более длительную обработку в ходе каждого отдельного когнитивного акта в ключевой

области интересов, они проводили в ней меньше времени и реже к ней возвращались (см. табл. 4). Все говорит о том, что, обрабатывая информацию, заключенную в ошибочной ячейке, они соотносили ее с сформированными ранее ментальными репрезентациями схемы химического процесса. Именно поэтому эксперты затрачивали больше времени на каждую фиксацию, но не перемещали свой взор от одной ячейки к другой. Начинающие профессионалы действовали противоположным образом. Они не отводили много времени на отдельные фиксации в зоне ошибочной информации, но постоянно перемещали свой взор от нее к остальным частям схемы, пытаясь соотнести отдельные информационные компоненты, но не использовать ментальные репрезентации. Эти результаты, в целом, подтверждают предложенную нами ранее интерпретацию.

Заключение

Результаты проведенного исследования продемонстрировали «превосходство экспертов» в решении схематических задач, репрезентирующих химические процессы. Опытные профессионалы делали меньше ошибок и затрачивали меньше времени и усилий на процесс выполнения. Подобный результат не кажется удивительным, он повторяется в большинстве исследований с участием экспертов в разных областях знаний (см. Ericsson et al., 2018). Более существенными нам кажутся данные, объясняющие установленное превосходство.

Многие авторы связывают более высокие результаты экспертов большим объемом прочных и хорошо организованных профессиональных знаний (Feldon, 2007; Gobet, 2016). В нашем исследовании мы постарались снизить влияние этого фактора: все участники, независимо от опыта, могли познакомиться с описанием химического процесса и составить полное представление о нем. Хотя нельзя исключить того факта, что испытуемые обращались к полученным вне экспериментальной ситуации знаниям, но они могли обойтись и без этого; сами условия задачи предоставляли всю необходимую информацию. Именно поэтому мы можем заключить, что «превосходство экспертов» заключается не в превосходстве в знаниях, а скорее в способах или типах когнитивной обработки. В целом, все выдвинутые гипотезы подтвердились.

Анализ показателей глазодвигательной активности выявил, что при выполнении сложного комплекса, состоящего из текстов и схематических задач, для экспертов характерны более длительные фикс-

сации в сочетании с короткими и медленными саккадами. В целом, это говорило о смещении их когнитивной обработки к фокальному типу и свидетельствовало, что эксперты при работе со сложной научно-технической информацией предпочитают более точный и глубокий анализ данных, находящийся под когнитивным осознанным контролем. Однако никаких данных о том, что экспертам свойственен холистический тип анализа (см. Kundel et al., 2007) текстовой и схематической информации получено не было.

Детальный анализ выполнения каждой задачи позволил установить два ряда фактов. Первый свидетельствовал о более быстром знакомстве экспертов с представленной информацией, это проявлялось в показателях первой фиксации, достижения ключевых областей интереса, выбора правильного ответа. Такие данные можно объяснить с помощью теорий, постулирующих более быстрый доступ экспертов к системам хранения (см. Gobet, 2016). Второй ряд фактов был связан с тем, что по отношению к отдельным элементам задач эксперты использовали своеобразный тип обработки, воплощавшийся в небольшое количество более длительных фиксаций. Такие данные требовали более серьезной интерпретации.

Было установлено, эксперты дифференцируют отдельные части задачи, в то время как новички распределяют внимание более равномерно по всем областям задачи. Ранее уже не раз выявлялся факт неоднородного характера распределения усилий у более опытных профессионалов (Haider, Frensch, 1999; Topczewski et al., 2016; Harsh et al., 2019). Однако в большинстве случаев дифференциация проявлялась в разном количестве и плотности фиксаций. В нашем случае удалось показать, что по отношению к ключевым областям эксперты используют другой тип обработки информации. В ключевых областях текста и отдельных задач у экспертов регистрировался своеобразный паттерн глазодвигательной активности. Он характеризовался меньшим количеством более длительных фиксаций, которые в сумме приводили к более короткому времени пребывания в ключевых «зонах интереса» и меньшему количеству возвратов к ним. Все это свидетельствовало о том, что в значимых областях эксперты использовали более глубокую и сложную когнитивную обработку, при этом относительно других частей задачи этого не наблюдалось.

Размышления над тем, почему в ключевых областях регистрируются более длительные фиксации, привели нас к заключению, что в периоды более продолжительных остановок глаза эксперты

формируют ментальные репрезентации и/или обращаются к ним. Такая интерпретация более длительных фиксаций была обоснована Б.М. Величковским (2006). Мы полагаем, что опора на ментальные структуры позволяет сократить общее время решения задач и снизить процент ошибок. Похожие результаты обсуждались нами в более ранних исследованиях (Блинникова, Капица, Барлас, 2000). В данном случае был получен новый пакет доказательств существования подобных возможностей экспертов.

Вся совокупность полученных данных может быть рассмотрена как доказательство существования двух разных стратегий в выполнении задач. Новичкам свойственна стратегия поверхностного уровня когнитивной обработки, которая направлена на то, чтобы вычерпать как можно больше информации из предъявленного описания или схематического изображения. Такая стратегия может быть названа перцептивной или экзогенной. Она предполагает опору на информацию, считываемую со слайда, и приводит к существенным временным затратам и возрастанию количества ошибок. Эксперты используют более эффективную стратегию с обращением к более глубоким уровням когнитивной обработки, предполагающую использование ментальных репрезентаций разного уровня. Это позволяет нам наметить тренд в развитии когнитивных умений: от привязки к наличной информации к более активному использованию ментальных ресурсов. Такая стратегия решения задачи может быть названа репрезентационной или эндогенной. Она ведет к существенному выигрышу во времени, поскольку затраты на дополнительную обработку в ходе одной фиксации во много раз меньше, чем потери от постоянных перемещений от одного информационного блока к другому. Это отсылает нас к исследованиям, демонстрирующим, что эксперты в большей степени опираются на ранее полученные знания (Chi, Feltovich, Glaser, 1981; Kosma, Russel, 1997; Atkins, 2016). В нашей работе удалось выявить механизм, который обеспечивает реализацию данных преимуществ.

Здесь встает вопрос о том, имеют ли полученные результаты значение только для профессионалов в области химии или они могут быть характерны и для других специалистов. Действительно, умение опираться на ментальные репрезентации является важной профессиональной компетенцией химиков. Однако существуют свидетельства, что для экспертов из других областей (в частности, в области шахмат (Charness et al., 2001), географии (Keskin et al., 2020),

управления воздушным движением (Блинникова, Капица, Барлас, 2000) также характерно более эффективное использование ментальных конструкторов.

Полученные результаты можно рассмотреть, как доказательство перехода экспертов на качественно иной уровень когнитивного выполнения. По всей вероятности, опора на ментальные репрезентации требует и некоторых дополнительных компетенций, таких как личностная уверенность, стресс-резистентность, развитые функции когнитивного контроля и т.п. Также стоит обратить внимание на данные, демонстрирующие более низкий уровень эмоционального напряжения у экспертов. Этот результат требует дальнейшего анализа и соотношения с ранее установленными фактами о том, что накопление профессионального опыта ведет к перестройке способов регуляции состояний (Кузнецова, Титова, Злоказова, 2019; Кузнецова, 2020). Последнее позволяют связать «превосходство экспертов» не только с когнитивными ресурсами, но и с возможностями эмоциональной регуляции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абдуллаева М.М. Возможности психосемантического подхода в изучении содержания профессионального опыта специалистов // *Мир психологии*. 2017. № 3. С. 209–217.

Абдуллаева М.М. Психосемантическая оценка профессионально значимых объектов у медицинских работников с разным опытом работы в перинатальных центрах // *Когнитивное моделирование* / Под. ред. С.И. Масаловой, Н.К. Рябцевой, В.Д. Соловьева. Ростов-на-Дону: Фонд науки и образования, 2019. С. 190–196.

Белопольский В.И. Взор человека: Механизмы, модели, функции. Москва: Когито-Центр, Институт психологии РАН, 2007.

Блинникова И.В., Ишмуратова Ю.А. Анализ когнитивной компетентности специалистов химической отрасли на основе сравнения движений глаз у начинающих и опытных профессионалов // *Организационная психология*. 2019. Т. 9. № 1. С. 13–33.

Блинникова И.В., Капица М.С., Барлас Т.В. Функциональные и эмоциональные искажения в пространственных представлениях // *Вестник Московского университета. Серия 14: Психология*. 2000. № 3. С. 62–73.

Блинникова И. В., Удод И.А. Психологические факторы успешности принятия решений банковскими брокерами // *Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики*. 2011. Т. 3. № 1. С. 66–67.

Величковский Б.М. Когнитивная наука. Основы психологии познания. В 2-х томах. М.: Академия: Смысл, 2006.

Костин А. Н., Голиков Ю.Я. Организационно-процессуальный анализ психической регуляции сложной деятельности. М.: Институт психологии РАН, 2014.

Кричевец А.Н., Шварц А.Ю., Чумаченко Д.В. Перцептивные действия учащихся и экспертов при использовании визуальной математической модели // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2014. Т. 11. № 3. С. 55–78.

Кузнецова А.С. Факторы развития синдрома выгорания у педагогов с разным опытом работы в образовательной среде // Экопсихологические исследования — 6: экология детства и психология устойчивого развития: сборник научных статей / Под ред. В.И. Панова. М.-Курск: ФГБНУ Психологический институт РАО, Университетская книга, 2020. С. 214–218.

Кузнецова А.С., М.А. Титова, Злоказова Т.А. Психологическая саморегуляция функционального состояния и профессиональная успешность // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2019. № 1. С. 51–68.

Спиридонов В.Ф. Новые методы изучения мыслительных процессов // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2013. Т. 10. № 4. С. 5–38.

Стрелков Ю.К. Операционально-смысловые структуры профессионального опыта // Психологические основы профессиональной деятельности: хрестоматия / Сост. В.А. Бодров. М.: Логос. 2007. С. 261–268.

Стрелков Ю.К. Временная форма профессионального опыта // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2010. № 2. С. 23–31.

Юдин Б.Г. Экспертиза // Энциклопедия эпистемологии и философия науки. М.: Канон: Реабилитация, 2009. С. 1166–1167.

Angra A., Gardner S.M. (2016) Development of a framework for graph choice and construction. *Advances in Physiology Education*, 40 (1), 123–128.

Atkins R.M. (2016) An eye-tracking study on expert/novice differences during climate graph reading tasks: Implications for climate communication. North Carolina State University, Raleigh.

Blinnikova I.V., Rabeson M.D., Izmalkova A.I. (2019) Eye movements and word recognition during visual semantic search: differences between expert and novice language. *Psychology in Russia: State of the Art*, 12(1), 129–146.

Bourne L., Kole J., Healy A. (2014) Expertise: Defined, Described, Explained. *Frontiers in psychology*, 5, 186. DOI: 10.3389/fpsyg.2014.00186.

Carmichael A., Larson A., Gire E., Loschky L., Rebello N.S. (2010) How Does Visual Attention Differ Between Experts and Novices on Physics Problems? AIP Conference Proceedings, 1289. DOI: 10.1063/1.3515257.

Cattell J. (1887) The time taken up by cerebral operations. *Mind*, 11, 524–538.

Chase, W.G., Simon, H.A. (1973). The mind's eye in chess. In W. G. Chase (Ed.), *Visual information processing* (pp. 215–281). New York: Academic Press.

Charness, N., Reingold, E.M., Pomplun, M., Stampe D.M. (2001) The perceptual aspect of skilled performance in chess: Evidence from eye movements. *Memory & Cognition*, 29, 1146–1152 <https://doi.org/10.3758/BF03206384>

Chi M.T., Feltovich P.J., Glaser R. (1981) Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 2, 121–152.

Cianciolo A., Matthew C., Sternberg R., Wagner R. (2018) Tacit Knowledge, Practical Intelligence, and Expertise // K. Ericsson, N. Charness, P. Feltovich, R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance* (pp. 613–632). (2nd Ed.) New York: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816796.035>

Clifton, Ch., Staub, A., Rayner, K. (2007). Eye Movements in Reading Words and Sentences. Eye movements: A window on mind and brain (p. 341–371). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-008044980-7/50017-3>.

de Graef, P., Christiaens, D., D'Ydewalle, G. (1990). Perceptual effects of scene context on object identification. *Psychological Research*, 52(4), 317–329.

de Groot, A.D. (1946/1978) Thought and choice in chess. The Hague: Mouton.

Duchowski A.T. (2007) *Eye tracking methodology: Theory and Practice*. London: Springer.

Ericsson K.A., Hoffman R.R., Kozbelt A., Williams A.M. (2018) *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*. NY: CUP. <https://doi.org/10.1017/9781316480748>

Ericsson K.A., Smith J. (1991) *Toward a general theory of expertise: Prospects and limits*. Cambridge: Cambridge University Press.

Feldon D.F. (2007) The implications of research on expertise for curriculum and pedagogy. *Educ. Psychol. Rev.*, 19 (2), 91–110.

Feldon D. (2016) The Development of Expertise in Scientific Research. In: R.A. Scott and S.M. Kosslyn (eds) *Emerging Trends in the Social and Behavioral Sciences: An Interdisciplinary, Searchable, and Linkable Resource*. John Wiley & Sons. DOI: 10.1002/9781118900772.etrds0411

Gegenfurtner, A., Lehtinen, E., Säljö, R. (2011) Expertise differences in the comprehension of visualizations: A meta-analysis of eye-tracking research in professional domains. *Educational Psychology Review*, 23, 4, 523–552. <https://doi.org/10.1007/s10648-011-9174-7>

Gobet F. (2016) *Understanding expertise: A multidisciplinary approach*. London: Palgrave.

Gobet F., Simon H.A. (1996) Templates in Chess Memory: A Mechanism for Recalling Several Boards. *Cognitive Psychology*, 31, 1–40.

Haider H., Frensch P.A. (1999) Eye movement during skill acquisition: More evidence for the information-reduction hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25(1), 172–190. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.25.1.172>

Hambrick D.Z., Campitelli G., Macnamara, B.N. (2018) *The science of expertise*. New York: Psychology Press.

Havelková L., Gołębiowska I.M. (2020) What Went Wrong for Bad Solvers during Thematic Map Analysis? Lessons Learned from an Eye-Tracking Study. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(1), 9.

Harsh, J.A., Campillo, M., Murray, C., Myers, C., Nguyen, J., Maltese, A.V. (2019). “Seeing” Data Like an Expert: An Eye-Tracking Study Using Graphical Data Representations. *CBE Life Sciences Education*, 18 (3), ar32. <https://doi.org/10.1187/cbe.18-06-0102>

Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., van de Weijer, J. (2011) *Eye Tracking: A Comprehensive Guide To Methods And Measures*. Oxford University Press. <http://ukcatalogue.oup.com/product/9780199697083>

Izmalkova A., Blinnikova I., Rabeson M. (2021) Linear and non-linear patterns of eye movements in lexical search: Expert versus novice language learners. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1358.

Just, M.A., Carpenter, P.A. (1980) A theory of reading: From eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, 87(4), 329–354. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.87.4.329>

Keskin, M., Ooms, K., Dogru, A.O., De Maeyer, P. (2020) Exploring the Cognitive Load of Expert and Novice Map Users Using EEG and Eye Tracking. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(7), 429. <https://doi.org/10.3390/ijgi9070429>

Klostermann A., Moenirad S. (2020). Fewer fixations of longer duration? Expert gaze behavior revisited. *Ger. J. Exerc. Sport Res.* 50, 146–161. DOI: 10.1007/s12662-019-00616-y

Kotval X.P., Goldberg J.H. (1998) Eye Movements and Interface Components Grouping: An Evaluation Method. In: *Proceedings of the 42nd Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*. Santa Monica. <https://doi.org/10.1177/154193129804200509>

Kozma R.B., Russell J. (1997) Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (9), 949–968.

Kristjanson, A.E., Antes, J.R. (1989) Eye movement analysis of artists and non-artists viewing paintings. *Visual Arts Research*, 15, 21 — 30.

Kundel H.L., Nodine C.F., Conant E.F., Weinstein S.P. (2007). Holistic component of image perception in mammogram interpretation: gaze-tracking study. *Radiology*. 242, 396–402. [10.1148/radiol.2422051997](https://doi.org/10.1148/radiol.2422051997)

McClelland D.C. (1973) Testing for competence rather than for “intelligence.” *Am. Psychol.*, 28 (1), 1–14.

Rabeson M., Blinnikova I. (2020) Cross-cultural research of strategies and efficiency in visual semantic search. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*, 94, 636–645.

Rayner K. (1998) Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, (3), 372.

Sheridan, H., Reingold, E.M. (2017) The Holistic Processing Account of Visual Expertise in Medical Image Perception: A Review. *Frontiers in psychology*, 8, 1620. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01620>

Simon H.A., Gobet F. (2000) Expertise Effects in Memory Recall: Comment on Vicente and Wang. *Psychological Review*, 107, 593–600.

Stofer K.A. (2016) When a picture isn't worth 1000 words: Learners struggle to find meaning in data visualizations. *Journal of Geoscience Education*, (3), 231–241.

Topczewski J.J., Topczewski A.M., Tang H., Kendhammer L.K., Pienta N.J. (2016) NMR spectra through the eyes of a student: Eye tracking applied to NMR items. *Journal of Chemical Education*, (1), 29–37.

Velichkovsky, B.M., Joos, M., Helmert, J.R., Pannasch, S. (2005). Two visual systems and their eye movements: Evidence from static and dynamic scene perception. In: Proceedings of the XXVII conference of the cognitive science society (pp. 2283–2288).

Ward P., Schraagen J.M., Gore J., Roth E. (Eds.). (2019) The Oxford handbook of expertise: Research and application. Oxford: Oxford University Press.

Xiong W., Wang Yu., Qianxiang Zh., Liu Zh., Zhang X. (2016) The Research of Eye Movement Behavior of Expert and Novice in Flight Simulation of Landing. In D. Harris (Ed.). Proceedings of 13th International Conference Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics (EPCE 2016), vol. 9736 (pp. 485–493). Cham: Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-40030-3_47

REFERENCES

Abdullaeva M.M. (2017) Possibilities of the psychosemantic approach in studying the content of specialists' professional experience. *Mir Psikhologii (World of Psychology)*, 2017, 3, 209–217. (in Russ.).

Abdullaeva M.M. (2019) Psychosemantic descriptions of significant subject of work in perinatal centers' medical specialists with different professional experience. In S.I. Masalova, N.K. Ryabtseva, V.D. Solov'ev (Eds.), *Cognitive modelling: Proceedings of the 7th International Forum in Cognitive modelling* (September 5–15, 2019, Rethimnon, Greece) (pp. 190–196). Rostov-na-Donu: Fond nauki i obrazovaniya. (in Russ.).

Angra A., Gardner S.M. (2016) Development of a framework for graph choice and construction. *Advances in Physiology Education*, 40 (1), 123–128.

Atkins R.M. (2016) An eye-tracking study on expert/novice differences during climate graph reading tasks: Implications for climate communication. North Carolina State University, Raleigh.

Belopolsky V.I. Human gaze: Mechanisms, models, functions. Moscow: Cogito-Centre, Institute of psychology, 2007 (in Russ.).

Blinnikova I.V., Ishmuratova Yu.A. (2019) Analysis of cognitive competence of chemists: comparison between novices and professionals using eye tracker. *Organizatsionnaya Psikhologiya (Organizational Psychology)*, 9 (1), 13–33. Retrieved from: <https://orgpsyjournal.hse.ru/2019-9-1/258114146.html> (review date: 04.02.2021). (in Russ.).

Blinnikova I.V., Kapitsa M.S., Barlas T.V. (2000) Functional and emotional distortions in spatial representations. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 14: Psikhologiya (Moscow University Psychology Bulletin)*, 3, 62–73. (in Russ.).

Blinnikova I.V., Rabeson M.D., Izmalkova A.I. (2019) Eye movements and word recognition during visual semantic search: differences between expert and novice language. *Psychology in Russia: State of the Art*, 12(1), 129–146.

Blinnikova I.V., Udod I.A. (2011) Psychological Factors of Successful Decision Making by Bank Brokers. *Human Factors: Problems of Psychology and Ergonomics*, 3(1), 66–67. (in Russ.).

Bourne L., Kole J., Healy A. (2014) Expertise: Defined, Described, Explained. *Frontiers in psychology*, 5, 186. DOI: 10.3389/fpsyg.2014.00186

Carmichael, A., Larson, A., Gire, E., Loschky, L., Rebello, N.S. (2010) How Does Visual Attention Differ Between Experts and Novices on Physics Problems? AIP Conference Proceedings, 1289. DOI: 10.1063/1.3515257.

Cattell J. (1887) The time taken up by cerebral operations. *Mind*, 11, 524-538.

Charness, N., Reingold, E.M., Pomplun, M., Stampe D.M. (2001) The perceptual aspect of skilled performance in chess: Evidence from eye movements. *Memory & Cognition*, 29, 1146–1152 <https://doi.org/10.3758/BF03206384>

Chase, W.G., Simon, H.A. (1973). The mind's eye in chess. In W. G. Chase (Ed.), *Visual information processing* (pp. 215–281). New York: Academic Press.

Chi, M.T., Feltovich, P.J., Glaser, R. (1981) Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 2, 121–152.

Cianciolo, A., Matthew, C., Sternberg, R., Wagner, R. (2018) Tacit Knowledge, Practical Intelligence, and Expertise // K. Ericsson, N. Charness, P. Feltovich, R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance* (pp. 613–632). (2nd Ed.) New York: Cambridge University Press. DOI:10.1017/CBO9780511816796.035

Clifton, Ch., Staub, A., Rayner, K. (2007). Eye Movements in Reading Words and Sentences. *Eye movements: A window on mind and brain* (p. 341–371). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-008044980-7/50017-3>

de Graef, P., Christiaens, D., D'Ydewalle, G. (1990). Perceptual effects of scene context on object identification. *Psychological Research*, 52(4), 317–329.

de Groot, A.D. (1946/1978) Thought and choice in chess. The Hague: Mouton.

Duchowski, A.T. (2007) *Eye tracking methodology: Theory and Practice*. London: Springer.

Ericsson, K.A., Hoffman, R.R., Kozbelt, A., Williams, A.M. (2018) *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*. NY: CUP. <https://doi.org/10.1017/9781316480748>

Ericsson K.A., Smith J. (1991) *Toward a general theory of expertise: Prospects and limits*. Cambridge: Cambridge University Press.

Feldon, D. (2016) The Development of Expertise in Scientific Research. In: R.A. Scott and S.M. Kosslyn (eds) *Emerging Trends in the Social and Behavioral Sciences: An Interdisciplinary, Searchable, and Linkable Resource*. John Wiley & Sons. DOI: 10.1002/9781118900772.etrds0411

Feldon, D.F. (2007) The implications of research on expertise for curriculum and pedagogy. *Educ. Psychol. Rev.*, 19 (2), 91–110.

Gegenfurtner, A., Lehtinen, E., Säljö, R. (2011) Expertise differences in the comprehension of visualizations: A meta-analysis of eye-tracking research in professional domains. *Educational Psychology Review*, 23, 4, 523–552. <https://doi.org/10.1007/s10648-011-9174-7>

Gobet, F. (2016) *Understanding expertise: A multidisciplinary approach*. London: Palgrave.

Gobet, F., Simon, H.A. (1996) Templates in Chess Memory: A Mechanism for Recalling Several Boards. *Cognitive Psychology*, 31, 1–40.

Haider, H., Frensch, P.A. (1999) Eye movement during skill acquisition: More evidence for the information-reduction hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25(1), 172–190. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.25.1.172>

Hambrick, D.Z., Campitelli G., Macnamara, B.N. (2018) *The science of expertise*. New York: Psychology Press.

Harsh, J.A., Campillo, M., Murray, C., Myers, C., Nguyen, J., Maltese, A.V. (2019). “Seeing” Data Like an Expert: An Eye-Tracking Study Using Graphical Data Representations. *CBE Life Sciences Education*, 18 (3), ar32. <https://doi.org/10.1187/cbe.18-06-0102>

Havelková, L., Gołębiowska, I.M. (2020) What Went Wrong for Bad Solvers during Thematic Map Analysis? Lessons Learned from an Eye-Tracking Study. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(1), 9.

Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., van de Weijer, J. (2011) *Eye Tracking: A Comprehensive Guide To Methods And Measures*. Oxford University Press. <http://ukcatalogue.oup.com/product/9780199697083>

Izmalkova, A., Blinnikova I., Rabeson M. (2021) Linear and non-linear patterns of eye movements in lexical search: Expert versus novice language learners. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1358.

Just, M.A., Carpenter, P.A. (1980) A theory of reading: From eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, 87(4), 329–354. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.87.4.329>

Keskin, M., Ooms, K., Dogru, A.O., De Maeyer, P. (2020) Exploring the Cognitive Load of Expert and Novice Map Users Using EEG and Eye Tracking. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(7), 429. <https://doi.org/10.3390/ijgi9070429>

Klostermann A., Moeinirad S. (2020) Fewer fixations of longer duration? Expert gaze behavior revisited. *Ger. J. Exerc. Sport Res.*, 50, 146–161. DOI: 10.1007/s12662-019-00616-y

Kostin, A.N., Golikov, Yu.Ya (2014) Researches of cosmonauts’ professional performance: analysis and achievements. *Psychological Journal*. 2014, 35 (6), 87–98. (in Russ.)

Kotval, X.P., Goldberg, J.H. (1998) Eye Movements and Interface Components Grouping: An Evaluation Method. In: *Proceedings of the 42nd Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*. Santa Monica. <https://doi.org/10.1177/154193129804200509>

Kozma, R.B., Russell, J. (1997) Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (9), 949–968.

Krichevets, A.N., Shvarts, A.Y., Chumachenko, D.V. (2014) Perceptual action of novices and experts in operating visual representations of a mathematical concept. *Psikhologiya. Zhurnal Vysshei Shkoly Ekonomiki (Psychology. Journal of the Higher School of Economics)*, 11 (3), 55-78.

Kristjanson, A. E., Antes, J.R. (1989) Eye movement analysis of artists and non-artists viewing paintings. *Visual Arts Research*, 15, 21–30.

Kundel, H.L., Nodine, C.F., Conant, E.F., Weinstein, S.P. (2007). Holistic component of image perception in mammogram interpretation: gaze-tracking study. *Radiology*, 242, 396–402. 10.1148/radiol.2422051997

Kuznetsova, A.S. (2020) Psychological predictors of burnout syndrome in teachers with different work experience in educational environment. In V.I. Panov (Ed.), *Ecopsychological research-6: Ecology of childhood and psychology of sustainable development* (pp. 214–218). Moscow-Kursk: Fgbnu Psikhologicheskii Institut RAO, Universitetskaya Kniga. (In Russ.).

Kuznetsova, A.S., Titova, M.A., Zlokazova, T.A. (2019) Psychological functional state self-regulation and professional success. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psikhologiya (Moscow University Psychology Bulletin)*, 1, 51–68. (in Russ.).

McClelland, D.C. (1973) Testing for competence rather than for “intelligence.” *Am. Psychol.*, 28 (1), 1–14.

Rabeson, M., Blinnikova, I. (2020) Cross-cultural research of strategies and efficiency in visual semantic search. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*, 94, 636–645.

Rayner, K. (1998) Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, (3), 372.

Sheridan, H., Reingold, E.M. (2017) The Holistic Processing Account of Visual Expertise in *Medical Image Perception: A Review. Frontiers in psychology*, 8, 1620. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01620>

Simon, H.A., Gobet, F. (2000) Expertise Effects in Memory Recall: Comment on Vicente and Wang. *Psychological Review*, 107, 593–600.

Spiridonov, V.F. (2013) New research methods for problem solving process. *Psikhologiya. Zhurnal Vysshei Shkoly Ekonomiki (Psychology. Journal of the Higher School of Economics)*, 10 (4), 5–38. (in Russ.).

Stofer, K.A. (2016) When a picture isn't worth 1000 words: Learners struggle to find meaning in data visualizations. *Journal of Geoscience Education*, (3), 231–241.

Strelkov, Yu.K. (2007) Operational and semantic structures of professional experience. In V.A. Bodrov (Ed.), *Psychological foundations of professional activity: anthology* (pp. 261–268). Moscow: Logos. (in Russ.).

Strelkov Yu.K. (2010) Temporary form of professional experience// *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 14: Psikhologiya (Moscow University Psychology Bulletin)*, 2, 23–31. (in Russ.).

Topczewski, J.J., Topczewski, A.M., Tang, H., Kendhammer, L.K., Pienta, N.J. (2016) NMR spectra through the eyes of a student: Eye tracking applied to NMR items. *Journal of Chemical Education*, (1), 29–37.

Velichkovsky, B.M. (2006) Cognitive science: Foundations of epistemic psychology. Moscow: Academia. (in Russ.)

Velichkovsky, B.M., Joos, M., Helmert, J.R., Pannasch, S. (2005) Two visual systems and their eye movements: Evidence from static and dynamic scene perception. In: *Proceedings of the XXVII conference of the cognitive science society* (pp. 2283–2288).

Ward, P., Schraagen, J.M., Gore, J., Roth, E. (Eds.). (2019) *The Oxford handbook of expertise: Research and application*. Oxford: Oxford University Press.

Xiong, W., Wang, Yu., Qianxiang, Zh., Liu, Zh., Zhang, X. (2016) *The Research of Eye Movement Behavior of Expert and Novice in Flight Simulation of Landing*. In D. Harris (Ed.). *Proceedings of 13th International Conference Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics (EPCE 2016)*, vol. 9736 (pp. 485–493). Cham: Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-40030-3_47

Yudin, B.G. (2009) *Expertise*. In *Encyclopedia of Epistemology and Philosophy of Science* (pp.1166–1167). Moscow: Kanon: Reabilitatsia. (in Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Блинникова Ирина Владимировна — кандидат психологических наук, доцент, доцент кафедры психологии труда и инженерной психологии факультета психологии МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5163-6859>. E-mail: blinnikova-iv@yandex.ru

Ишмуратова Юлия Алексеевна — кандидат психологических наук, ведущий научный сотрудник Психологического института РАО, Москва, Россия. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7519-3148>. E-mail: yuska3@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS

Irina V. Blinnikova — PhD of Psychology, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Labor Psychology and Engineering Psychology, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5163-6859>. E-mail: blinnikova-iv@yandex.ru

Yulia A. Ishmuratova — PhD of Psychology, Leading Researcher at the Psychological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7519-3148>. E-mail: yuska3@mail.ru