

НАУКА

Технологии виртуальной реальности: методологические аспекты, достижения и перспективы

- Технологии виртуальной реальности
- Стиль деятельности – стиль общения
- Стратегии поведения в конкурентной среде

Ю. П. Зинченко, Г. Я. Меньшикова, Ю. М. Баяковский,
А. М. Черноризов, А. Е. Войскунский

Виртуальная реальность как новая технология в экспериментальной психологии

Отличительные особенности и преимущества виртуальной реальности перед традиционными методами

За последнее десятилетие в психологические исследования активно внедряется новая экспериментальная технология «виртуальной реальности» (ВР). К настоящему времени ее эффективность подтверждена данными медицины, нейропсихологии, когнитивной и социальной психологии. Технология виртуальной реальности оснащает экспериментальную психологию методами, имеющими ряд отличий от традиционных лабораторных инструментов. Активная дискуссия относительно положительных и отрицательных особенностей систем ВР велась и ведется практически во всех обзорных и экспериментальных работах, ей посвященных (Yee, 2007; Ducheneaut et al., 2006; Khan et al., 2003; Morganti et al., 2003; Optale et al., 2001).

Перечислим и проанализируем некоторые несомненные преимущества этой технологии.

1. Технологии ВР выгодно отличаются от традиционных методов экспериментальной психологии, прежде всего, высокой степенью *экологической валидности*. В ряде работ (Найссер, 1981; Rock, 1995) дискутировался вопрос о том, насколько точно мы можем оценивать когнитивные функции при помощи традиционных методик, в которых испытуемым на короткое время предъявляют не очень сложные стимулы на экране монитора и предлагают решать одно за другим однотипные задания. Решаемые испытуемыми типичные задачи на «исключение лишнего», «поиск общих признаков», «нахождения эталона» и т. п. признавались в этих работах слишком «узкими» и искусственными по сравнению с задачами, с которыми встречаются люди в реальной жизни. В еще более упрощенном варианте для диагностики когнитивных процессов использовались стандартные тесты с использованием ручки и бумаги, а оценка когнитивных/функциональных процессов основывалась на двух критериях – надежности и валидности. Однако существует множество факторов, значительно снижающих надежность и валидность традиционных методов. Например, субъективные особенности эксперта;

Работа поддержана грантом «Разработка инновационных методов научно-исследовательской, образовательной и практической деятельности психолога с применением технологий виртуальной реальности» в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.



функционирование одновременно нескольких когнитивных функций, приводящее к неясности относительно того, какая из них подвергается оценке. Поэтому для измерения ряда психологических характеристик методики опросников и тестов признавались не совсем адекватными. Сравнительно недавно в научной психологии появились такие понятия, как «практический интеллект» и «эмоциональный интеллект», которые определяют интеллект не как способность решать задачи, а как способность понимать действия и эмоции другого человека. Тестирование этих способностей требует новой стимульной среды, которая подобна естественной среде. Это должен быть сложный, меняющийся во времени и пространстве ряд визуальных сцен, «провоцирующий» естественное поведение наблюдателя в пределах естественно-подобного «виртуального» окружения.

ных динамических систем, предложил рассматривать любую систему тел в живой и неживой природе как неустойчивую (Prigogine, Stengers, 1984; Nicolis, Prigogine, 1989). При этом устойчивые системы являются частным случаем неустойчивых систем, имеющих в качестве решения функции с большим временем прогнозируемости (примером такой глобально неустойчивой системы является наша Вселенная). Решениями математических уравнений, описывающих неустойчивую систему, являются функции «хаоса» (непредсказуемого поведения) при изменении времени, которые характеризуются необратимым поведением системы, что приводит к введению понятия «стрела времени» (из «прошлого» в «будущее»). Рассмотрение всех систем — живых и неживых — в качестве неустойчивых открывает широкие перспективы для психологии и нейронауки

Технологии ВР выгодно отличаются от традиционных методов экспериментальной психологии, прежде всего, высокой степенью экологической валидности.

2. Важным преимуществом технологии виртуальной среды является введение в их структуру *фактора времени* — «*стрелы времени*». Субъективная временная шкала, заполненная переживаниями «прошлого», «настоящего» и «будущего», является одним из системообразующих «психологических стержней» реального целенаправленного поведения. Переход экспериментальной психологии от лабораторной «стимульной» (тестовой) парадигмы к изучению психических процессов и состояний активного субъекта во времени, в динамике, — это шаг вперед в развитии методологической базы современной психологии и налаживании «методологического диалога» с современным естествознанием. Последнее, в частности, подразумевает поиск сущностных аналогий между поведением живых (в том числе, социальных) и неживых систем и, соответственно этому, унификацию методов их исследования и описания. Движение в этом направлении открывает путь для решения следующего актуального для методологии познания вопроса: живые и неживые системы — это два принципиально разных вида материи со своими видами законов или они подчиняются неким общим универсальным закономерностям?

Нобелевский лауреат И.Р. Пригожин (1917–2003), развивая теорию нелиней-

о мозге. Становится возможным применение методов, используемых в физике нелинейных явлений (методов нелинейной или хаотической динамики, теории вероятностей и многомерного статистического анализа).

3. Технология виртуальной реальности отличается от классических методик еще и тем, что она позволяет осуществлять *полный контроль за вниманием наблюдателя*. Виртуальная среда является яркой, динамичной и интерактивной, поэтому в такой среде маловероятно отвлечение внимания на другие стимулы реального окружения.

4. *Среда ВР программируется*, что делает ее гибкой и позволяет плавно менять параметры виртуальных объектов и происходящих с ними событий. Есть возможность предъявлять множество разнообразных стимулов (как неподвижных, так и движущихся) с контролируемыми параметрами (яркость, цвет, форма и др.). Кроме того, в ней программируется структура появления стимуляции и настройка этой структуры в зависимости от реакции наблюдателя. Следует отметить, что в понятие гибкости ВР включается возможность создавать не только «подобную реальному миру» среду, но и «нереальные» («лунные») миры с необычными свойствами виртуальных объектов. Такие миры также дают возможность поместить пользователя виртуаль-



Зинченко Юрий Петрович
доктор психологических наук,
профессор, член-корреспондент РАО,
заведующий кафедрой методологии
психологии, декан факультета
психологии МГУ им. М.В. Ломоносова.



Меньшикова Галина Яковлевна
кандидат психологических наук,
заведующая лабораторией
«Восприятие» факультета психологии
МГУ им. М.В. Ломоносова.



Баяковский Юрий Матвеевич
кандидат физико-математических наук,
заведующий лабораторией
компьютерной графики и мультимедиа
факультета вычислительной математики
и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова.

ной среды в условия, которые в реальном мире были бы недостижимыми, опасными или стрессогенными.

5. Еще одной особенностью систем ВР является *возможность селективного выделения нужной стимуляции*. В экспериментальной психологии существует большое количество задач, в которых экспериментатору необходимо привлечь внимание испытуемого к отдельным ключевым стимулам. В программируемой ВР в описание сценария можно ввести специальные способы визуального «усиления» ключевых стимулов – увеличить частоту их появления, усилить яркость, окрасить их в цвет, который «привлекает взор» испытуемого. Можно использовать не только сенсорные характеристики стимуляции, но и встраивать в виртуальную среду стимулы, вызывающие у испытуемого сильные ассоциативные реакции: портреты близких людей, обстановку комнаты, в которой испытуемый провел детские годы, и т. п.



Черноризов Александр Михайлович
доктор психологических наук,
профессор, заведующий кафедрой
психофизиологии
МГУ им. М.В. Ломоносова.



Войскунский Александр Евгеньевич
кандидат психологических наук,
старший научный сотрудник кафедры
общей психологии факультета
психологии МГУ им. М.В. Ломоносова.

«контакт глаз» и синхронизацию микро-движений говорящих, сигналы «передачи очереди» говорения, а также особенности нарушений и отстаивания «личного пространства» взаимодействующими субъектами.

7. В отличие от классических методов экспериментальной психологии ВР предоставляет *возможность создания полимодальной стимуляции*. Чувство физической реальности конструируется на основе комплекса базовых ощущений: зрения, осязания, слуха, обоняния. В первую очередь исследователи привлекают зрительная, слуховая и гаптическая (тактильная) модальности восприятия. Проводятся исследования олфакторного (или «теле-олфакторного») восприятия, суть которого состоит в том, что пользователь подвергается воздействию запахов при «вдыхании смеси одорантов, состав которых соответствует смеси, представленной в ином месте, сколь угодно далеко» (Riva, 2006). Таким об-

Важным преимуществом технологии виртуальной среды является введение в их структуру фактора времени – «стрелы времени».

6. Важное преимущество ВР – *возможность установления обратной связи в режиме реального времени*. Быстродействующие компьютерные системы могут обчислять и выдавать результирующий визуальный образ в течение нескольких миллисекунд, что позволяет программно устанавливать быстрое интерактивное взаимодействие наблюдателя с ВР средой. Для этого вводится специальный дисплей, позволяющий осуществлять действия с виртуальными объектами, результат которых виден в режиме реального времени. Примером применения обратной связи в режиме реального времени является разработка продвинутых систем «управления взглядом», полезных, например, как дополнительный канал взаимодействия с интерфейсом при управлении объектами в условиях зашумленности. Аналогичные системы, осуществляющие фиксацию и передачу на расстояние направления взора партнеров, применяются при организации компьютерных видеоконференций (Величковский, 2007; Величковский, Хансен, 1998). Это пример так называемых «внимательных к вниманию» технологий, которые разрабатываются для «координации ресурсов внимания» (Величковский, 2003, 2007). Введение систем обратной связи в ВР средах позволяет на новом уровне исследовать невербальное общение, включающее

разом, системы ВР позволяют имитировать одновременно зрительные, тактильные, слуховые образы, что едва ли достижимо в традиционной парадигме экспериментальной психологии и что усиливает «правдивость» виртуальной среды. Такие преимущества позволяют на более качественном уровне исследовать взаимодействие базовых сенсорных систем, например, изучение роли взаимодействия кинестетических и зрительных ощущений в условиях запаздывания зрительных сигналов. Кроме того, указанное преимущество позволяет решать ряд задач в реабилитации когнитивных способностей. Классические подходы в когнитивной реабилитации разделяются, обычно на две основные группы: «восстановительные», которые уделяют внимание систематическому восстановлению когнитивных процессов, и «функциональные», придающие особое значение восстановлению повседневных действий больного (Rizzo et al., 2002). Критики восстановительных подходов предостерегают от чрезмерного доверия к тестовым материалам и подчеркивают неспособность этого подхода адаптировать пациента к реальному миру. Функциональные же подходы критикуют за то, что выучивание определенных реабилитационных процедур приводит к тому, что пациент как будто живет в статичном мире, в котором усло-

вия жизни не изменяются. Однако возможность создавать в средах ВР мультимодальную стимуляцию, полностью погружающую пациента во взаимодействие с виртуальной средой, позволяет значительно эффективнее моделировать его комплексное поведение (Игнатъев и др., 2009; Войскунский, Смыслова, 2006).

<http://rudnev-vadim.viv.ru/cont/slowar/24.html>). С другой стороны, широко распространена точка зрения, согласно которой «...современное использование термина «виртуальная реальность» излишне привязано к миру компьютерной техники...» (Спиридонов, 1998, с. 185). В недавно вышедшей книге Антоновой

гружения» окажется больше, чем было здесь перечислено.

3. Еще одна проблема, возникающая в связи с использованием ВР, — это *проблема эффективности представления объектов в виртуальной среде*, т. е. определения минимального набора признаков, необходимых и достаточных для опознания объекта и «принятия» его в качестве реального (Reddy et al., 1997). Решение этой проблемы тесно связано с решением другой важной задачи — *задачи разработки технологий психофизических измерений «виртуальных признаков»* с целью организации целенаправленного воздействия на субъекта ВР среды и объективной оценки степени такого воздействия (Meehan et al., 2002; Whitton, 2003).

Среда ВР программируется, что делает ее гибкой и позволяет пластично менять параметры виртуальных объектов и происходящих с ними событий. Есть возможность предъявлять множество разнообразных стимулов (как неподвижных, так и движущихся) с контролируруемыми параметрами (яркость, цвет, форма и др.).

Проблемы использования технологии виртуальной реальности

1. Применение технологий ВР, помогая решить «старые проблемы», поднимает новые, требующие специального теоретико-методологического рассмотрения. Прежде всего, это — *проблема разработки нового понятийного аппарата*, возникающего в связи с внедрением в эксперимент ВР. В первую очередь это касается таких ключевых понятий, как «виртуальные миры» и «виртуальное сознание». Дело в том, что эти термины уже используются в психологии в другом контексте, а именно, в связи с изучением феноменов измененных состояний сознания (Россохин, 1998). Это относится, например, к трудам в духе постмодернистской культурологии (Руднев, 2000, 2001). В них обосновывается мысль о том, что «любая реальность является виртуальной», если под последней понимать психотический или шизофренический паранойяльный бред, наркотическое или алкогольное опьянение, гипнотическое состояние, восприятие мира под действием наркоза. Ощущения виртуальной реальности возникают также у пилотов на сверхзвуковой скорости; у заключенных («кино узников»); у подводников; у людей, испытывающих стресс (например, во время авиа- или автокатастрофы); у клаустрофобов, — в общем, практически у всех, кто каким-то образом ограничен в пространственных перемещениях в течение достаточно длительного времени. У синтонного сангвиника одна реальность, у агрессивного эпилептоида — другая, у дефензивного психастеника — третья, у шизоида-аутиста — четвертая (<http://rudnev-vadim.viv.ru/cont/slowar/23.html>,

и Соловьева (2008) высказана мысль, согласно которой ни компьютеры, ни Интернет вместе с сетевыми технологиями не внесли ничего принципиально нового в философскую проблематику виртуальности. Континуум виртуальных реальностей и взаимопереходы между виртуальностью и реальностью подробно описаны Н.А. Носовым (1997, 2000). Н.Б. Маньковская и В.В. Бычков (2007) именуют данную проблематику «естественной виртуальностью» и отличают ее от «искусства как виртуальной реальности», а также от «паравиртуальной реальности» (психоделического искусства) и от «протовиртуальной реальности», создаваемой с помощью компьютерных программ и применяемой в кинематографе при создании так называемых «спецэффектов» (Игнатъев и др., 2009; Войскунский, 2001).

2. Наряду с проблемой определения собственно ВР существует *проблема классификации форм (способов) погружения субъекта в виртуальный мир*. Российский физиолог В.Б. Дорохов (2006), рассуждая о психофизиологических аспектах этой проблемы, отмечает: «Иммерсивность заключается в том, что участник погружается в мир виртуальной реальности, воспринимает себя и видимые им объекты частью этого мира. Возможны три формы иммерсии: прямая, опосредованная и зеркальная, когда участник, соответственно, чувствует себя частью виртуального мира, видит в виртуальном мире себя или часть своего тела или видит виртуальный мир и самого себя как бы в зеркале». Данное мнение должно быть признано справедливым, даже если практика применения ВР покажет, что на самом деле способов «по-

Виртуальная реальность как эффективный метод психотерапии для лечения личностных и ментальных расстройств

Социально важная и наиболее развитая в настоящее время область применения систем ВР в психологии и медицине — это психотерапевтическая помощь при страхах, фобиях, посттравматических расстройствах, психологической реабилитации, хронических болях, в борьбе с наркотическими привязанностями и болезнями стресса (Войскунский, Меньшикова, 2008; Хоффман, 2004; Brooks et al., 1997; Bullinger et al., 2005; Attree et al., 1998; Bordnick et al., 2005; Calhoun et al., 2005; Игнатъев и др., 2009; Войскунский и др., 2006; Селисская и др., 2004; Форман, Вильсон, 1997). Так, в ряде американских клиник уже несколько лет реализуется программа по использованию виртуальных технологий в качестве нефармакологического *обезболивающего средства*. Эффективность такого психотерапевтического виртуального «лекарства», превышающая эффективность классических опиоидных средств обезболивания (в два и более раз), продемонстрирована на больных с сильными ожогами (Хоффман, 2004). В этих же исследованиях обнаружен важный для технологий ВР факт: погружение в двумерный виртуальный мир (видеоигры) оказывается менее эффективным для преодоления мучительных болей, нежели погружение в трехмерную виртуальную среду. Трехмерная виртуальная среда создавалась с помощью специальной анальгетической терапевтической компьютерной программы «Мир снега» (Snow World), разработанной для ожоговых пациентов сотрудниками фирмы Microsoft и Национального института здравоохранения США. Программа вызывала замет-

ное снижение ощущений боли у больных, поглощая их внимание иллюзией полета через заснеженный каньон с пингвинами, снеговиками и прочим.

В контрольной серии экспериментов здоровые испытуемые-добровольцы подвергались болевому (тепловым) воздействиям и затем «погружались» в интерактивную версию ВР «Мир снега», имея на голове волоконнооптический шлем виртуальной реальности, наушники для прослушивания звуковых эффектов и датчик, отслеживающий положение головы. Методом фМРТ показано, что снижение ощущений боли в виртуальной среде «Мир снега» сопровождается понижением активности центров мозга, связанных с восприятием боли: островка, таламуса, первичной и вторичной соматосенсорной коры, поясной коры. При этом выявлена положительная корреляция между силой иллюзии, т. е. убежденностью испытуемых в том, что они пребывают в виртуальном мире, и ослаблением болевых ощущений. В ряде других исследований установлено, что ВР облегчает страдания пациентов при болях самых разных нозологий — при мучительных урологических процедурах, во время физиотерапии на прооперированных мышцах и сухожилиях, во время стоматологических операций.

Еще одна область терапевтического использования ВР — *лечение фобий* путем демонстрации пациентам виртуальных изображений объектов, вызывающих у них непреодолимый страх (фобию). Этот прием впервые был использован в 1990-х гг. учеными США для лечения людей, боящихся высоты, воздушных полетов, вождения автомобиля после аварии, публичных выступлений, а также ветеранов Вьетнамской войны с хроническим посттравматическим стрессом. Как и другие формы экспозиционной терапии, лечение страхов с помощью ВР протекает по схеме оперантного обучения, предполагающей постепенное приучение человека к объектам и ситуациям, вызывающим у него страх. По мере привыкания боязнь исчезает, и пациент возвращается к нормальной жизни. Эта идея положена в основу разработки специальных тренинговых программ, поставляемых компанией Virtually Better психологам и психиатрам для терапии страха перед публичными выступлениями (Хоффман, 2004; Cognwell et al., 2006). Погружение в мир ВР эффективно помогает избавиться от страха перед насекомыми. Например, специальная программа ВР «Мир паука» позволяет пациенту приближаться к виртуальному пауку, дотрагиваться до него «киберрукой» и ощущать эти прикосновения. Дисплей, встроенный в шлем на

голове пациента/ки, демонстрирует изображение иллюзорного паука. Для обеспечения тактильной обратной связи с ВР программа отслеживает положение игрующего паука (в руке терапевта), благодаря чему больной/ая может «дотронуться» до виртуального тарантула (Хоффман, 2004). В исследованиях на 23 пациентах с диагнозом «клиническая фобия» в 83% случаев отмечено значительное ослабление страха перед пауком после 10–15 сеансов работы в ВР.

дид к развитию рынка соответствующих услуг. Так, американская компания Virtually Better и испанская фирма PREVI специализируются на разработке программ ВР для лечения тревожных расстройств: страха высоты, воздушных перелетов и публичных выступлений. Компании поставляют свои разработки психологам и психиатрам за \$400 в месяц и разрешают использовать их в лечебных целях в частной практике (Хоффман, 2004).

Виртуальная среда является яркой, динамичной и интерактивной, поэтому в такой среде маловероятно отвлечение внимания на другие стимулы реального окружения.

Программы ВР можно использовать и для лечения таких серьезных психических нарушений, как *посттравматическое стрессовое расстройство* (ПТСР). Симптомы этого заболевания включают в себя навязчивые воспоминания о травматическом событии (насилие, смерть близкого человека и т. п.); сильные эмоциональные реакции на любые объекты или ситуации, напоминающие о травме; замкнутость, эмоциональную глухоту и хроническую раздражительность. Изнурительное состояние ПТС самым драматическим образом отражается на личной жизни и работе человека и, в отличие от фобий, с трудом поддается лечению традиционными методами психотерапии и психиатрии. Программы ВР помогают пациентам осознать и ослабить эмоции, связанные с памятью о травматическом событии. Постепенно пациенты привыкают к реалистичным образам и звукам, характерным для травматической ситуации, что в итоге помогает им бороться с мучающими их воспоминаниями о реальных событиях.

В 1980–90-х годах технологии ВР стали использоваться в *нейропсихологии* для восстановления движений и когнитивных функций у больных с поражениями головного мозга. Важным преимуществом применения ВР в реабилитационной практике является, то, что эта технология предусматривает активное взаимодействие пациента с виртуальной средой, заметно повышающее его мотивацию к выздоровлению (Brooks et al., 1997; Attree et al., 1998; Rose et al., 2000; Schultheis et al., 2002).

Таким образом, имеющийся к настоящему времени положительный опыт клинического применения ВР открывает путь к широкому использованию этого метода и в других областях психотерапии и медицины, что приво-

Использование виртуальной реальности в инженерной психологии, организационной психологии, спортивной психологии и психологии безопасности

Внедрение в практическую психологию технологий ВР ставит перед *инженерной психологией* и *психологией труда* новые задачи, связанные с исследованием и разработкой эргономических норм для разного рода специальных систем ВР: тренажеров для обучения операторов, виртуальных сред для инвалидов. В работе Galimberti et al. (2006) отмечается, что проведение подобных исследований в рамках «юзабилити» и разработка нормативных методик оценки качества и безопасности применения человеком систем ВР являются содержанием отдельного самостоятельного направления в современной психологии труда. Большие новые разделы в современной эргономике и инженерной психологии посвящены разработке на основе виртуальных сред тренажеров и систем-симуляторов для обучения разного рода специалистов (операторов) по управлению сложными техническими системами (атомная станция; воздушное судно; ракетные установки) в типовых и нестандартных ситуациях (Захаревич и др., 2001). Как правило, такие тренажеры оснащены датчиками и специальными программами для мониторинга функционального состояния оператора (электроэнцефалография, электрокардиография, электромиография, стабиллография, реография, оксигеметрия).

Не меньшее значение для современной промышленности имеет проектно-исследовательское применение систем ВР в целях организации трехмерной среды и исследования эффективности про-

дуктивной (например, конструкторской) деятельности погруженного в эту среду человека. Созданием прототипов новых объектов и разработкой их эксплуатации активно интересуются промышленные корпорации, занимающиеся проектированием транспортных средств (автомобилей или самолетов) и архитектурных сооружений. Более того, именно для нужд проектных и архитектурно-строительных организаций созданы самые современные трехмерные модели виртуальной среды, в разработке которых задействованы едва ли не самые мощные из известных сегодня языков программирования. Например, в трехмерном пространстве наблюдатель видит виртуальную модель (самолета, автомобиля, здания) и в течение нескольких минут имеет возможность разобрать ее, изменить ее дизайн, добавить новые компоненты, т. е. сделать то, что в реальности потребовало бы значительных затрат времени и денег. Кроме того, в виртуальной среде можно протестировать любые параметры созданной модели.

демонстрации новых товаров, примеры изделий легкой промышленности, выбора способов расстановки мебели в некотором пространстве. Насколько хорошо они могут исполнять свои обязанности, убедительно ли они рекламируют товары, доверяет ли им потенциальный покупатель? Это лишь некоторые из многочисленных вопросов, которые будут решать психологи.

Новые области применения обучающих ВР-систем — *организация спортивных тренировок*, в частности, с моделированием и разыгрыванием тактического противоборства в будущих поединках. Так, в университете штата Мичиган разработана виртуальная CAVE-система (<http://www-rl.umich.edu/project/football/index.html>) как подспорье для тренировок футболистов. С ее помощью можно отрабатывать варианты тактического расположения на поле игроков своей команды и команды противника, учиться распознавать конкретные игроков и подаваемые ими сигналы, а также сигналы, подаваемые тренером, находя-

et al., 2009). По предварительным данным, в виртуальных средах доступны для регистрации такие широко используемые в психофизиологии показатели, как электрокардиограмма, кожно-гальваническая реакция, электромиограмма, электроэнцефалограмма, плетизмограмма (Kim et al., 2001; Pugnetti et al., 2001; Wiederhold et al., 2002; Walshe et al., 2003; Cote, Bouchard, 2005; Wiederhold, Rizzo, 2005; Wilhelm et al., 2005; Astur et al., 2005; Muhlberger et al., 2007; Baumgartner et al., 2008).

В задачи психофизиологического сопровождения программ ВР входит:

- 1) объективизация степени погружения человека в виртуальный мир и адаптации к новой реальности,
- 2) объективная оценка эффективности концентрации внимания пациента/ки на конкретных «мишенях» для виртуального воздействия (страхи; боли; процесс обучения).

По имеющимся к настоящему времени данным, регистрация электроэнцефалограммы и вызванных потенциалов мозга (Event-Related Potentials) позволяет разделить автоматизированные и сознательно контролируемые действия пациента в условиях ВР. Показатели же активности вегетативной нервной системы (прежде всего, Skin Galvanic Response) могут быть использованы в качестве легкодоступных для регистрации объективных индикаторов «эффекта присутствия» (presence) и характера воздействия ВР на пациента (Kim et al., 2001; Cote, Bouchard, 2005).

К настоящему времени отсутствуют какие-либо сведения о том, что регистрирующая психофизиологическая аппаратура (датчики, кабели) создает серьезные помехи для регистрации физиологических реакций и/или вызывает дискомфорт у пациента и снижает эффект присутствия в виртуальной среде, даже при использовании метода фМРТ, когда голова человека фиксирована в строго определенном положении (Bayliss, Ballard, 1998; Wiederhold, Rizzo, 2005).

Технология виртуальной реальности в свете проблем психофизиологии и нейронаук

Проблемы души и тела, мозга и тела, разума и тела являются традиционными для наук о человеке в целом и для психофизиологии, в частности. Эти проблемы периодически становятся первоочередными и активно обсуждаемыми, после чего на время отходят как бы на второй план. В очередной раз указанная проблема выходит на первый план в последние два года в связи с экспериментами по отчуждению тела (опыт out-of-body) с применением систем ВР. Эти эксперименты, проводящиеся преимущественно

В отличие от классических методов экспериментальной психологии, ВР предоставляет возможность создания полимодальной стимуляции.

Организационная психология вплотную подошла к разработке и внедрению нового поколения систем ВР, предназначенных для проведения видеоконференций и дистанционных рабочих совещаний. На таких совещаниях докладчик видит нескольких виртуальных собеседников, каждый из которых, в свою очередь, видит и слышит виртуального докладчика. В связи с этим возникает *проблема организации общения* и эффективного обмена мнениями в условиях «виртуального контакта», т. е. отсутствия реального контакта «глаза в глаза». Для решения этой проблемы необходима разработка новых психологических методов организации дискуссий. Например, в современных исследованиях все большее внимание уделяется невербальным сигналам, на основе которых можно понять, кто из участников готов «взять слово» (мимика) или на какую деталь чертежа следует обратить внимание участников (фиксация взгляда говорящего) (Bente, Eschenburg, Kraemer, 2007; Panteli, Dawson, 2001; Velichkovsky, 1995). Новые возможности для организационной психологии открываются при использовании «виртуальных аватаров», которые уже начинают служить посредниками в торговой рекламе для

шимся за пределами поля. Другая область применения систем ВР в спортивных целях связана с рекламной и выставочной деятельностью. Таковы, например, не имеющие собственно спортивного значения популярные шоу с участием сильнейших шахматистов, которые соревнуются с компьютерными программами, наблюдая игровое поле при помощи очков ВР (без реальной доски и фигур).

Отдельного внимания заслуживают пока крайне немногочисленные, но очень перспективные исследования, направленные на совмещение технологий ВР с технологиями *биологической обратной связи* (Pugnetti et al., 2001) и *детекции скрываемых знаний (concealed information) по вызванным потенциалам мозга* (Mertens, Allen, 2008).

Психофизиология и технология виртуальной реальности

Методы психофизиологии в свете проблем технологии виртуальной реальности

Особое место в системах ВР разного целевого назначения отводится психофизиологии (Pugnetti et al., 2001; Parsons

щественно в Швеции, связаны с проверкой значения зрительной и проприоцептивной информации в восприятии собственного тела (Ehrsson, 2007, 2008; Costantini, Haggard, 2007; Ehrsson, 2009; Petkova, Ehrsson, 2008; Petkova, Ehrsson, 2009). Экспериментаторы размещали две видеокамеры, как бы соответствующие левому и правому глазу человекоподобного манекена. Визуальные сигналы, получаемые таким образом (то есть сигналы того, что мог бы видеть левый и правый глаз манекена), передавались испытуемому, одетому в шлем VR. Сигналы передавались испытуемому также отдельно в левый и в правый глаз. В итоге у испытуемого возникал зрительный образ корпуса манекена, слегка опустившего глаза, вместо своего собственного тела. При синхронных прикосновениях к животу испытуемого (он этого не видит) и животу манекена (испытываемый это видит) испытуемый начинает воспринимать «тело» манекена как, в некотором роде, свое тело. Это выявляется в постэкспериментальных беседах и опросах и особенно в серии экспериментов, в которой по животу манекена проводят ножом (испытываемый это видит): в таком случае наблюдается характерный подскок КГР у испытуемого в сравнении с контрольными замерами. Если ритмы прикосновений к животу испытуемого и к животу манекена не совпадают, то эффект восприятия тела манекена как собственного тела выражен в значительно меньшей степени. Данный эффект не проявляется также, если видеокамеры показывают вместо манекена прямоугольный предмет, не похожий на человеческое тело (большую коробку). В другой серии экспериментов испытуемый стоял в шлеме VR перед экспериментатором, и визуальные сигналы поступали к испытуемому от видеокамер на голове экспериментатора. В этом случае испытуемый видел собственное тело (от плеч до колен) и узнавал его. Когда и экспериментатор, и испытуемый вытягивали правую руку, касались рук друг друга (как в рукопожатии) и нажимали на них, испытуемому казалось, что он с вытянутой рукой как бы стоит напротив самого себя и пожимает собственную руку. Когда проводили ножом (угрожающе, но безболезненно) по руке испытуемого или по руке экспериментатора, то во втором случае подскок КГР был значительно сильнее, т. е. испытуемый сильнее опасался за руку своего иллюзорного «нового» тела, чем за собственную «реальную» руку. Работы, посвященные виртуальному феномену out-of-body, поднимают вопрос о роли полимодальной стимуляции в формировании субъективных представлений о собственном «физиче-

ском Я» и, более широко, о механизмах «саморефлексии» и «самосознания».

Крайне важным для фундаментальной психологии и нейронаук является использование VR-технологий для *изучения функций мозга* (Chernigovskaya, 1998). Особенно перспективным здесь является совмещение методов VR с современными методами *неинвазивной визуализации активности мозга (ПЭТ, фМРТ)*. Имеется уже достаточно большое число работ, свидетельствующих о возможности совмещать в режиме реального времени сеансы VR с неинвазивной регистрацией активности мозга методом фМРТ (Хоффман, 2004; Wiederhold, Rizzo, 2005; Baumgartner et al., 2008). Так, в работе Baumgartner et al.

пДЛПФК и лДЛПФК с выраженностью субъективных ощущений погруженности в VR, оцениваемых испытуемыми по субъективной 5-балльной шкале. Оказалось, что чем выше активность мозга в лДЛПФК (Left DLPFC) и пДЛПФК (Right DLPFC), тем ниже интенсивность переживаний «эффекта присутствия» (Baumgartner et al., 2008). Интересно, что дети в возрасте 6–11 лет обладают, в целом, более выраженной способностью к быстрому и глубокому погружению в виртуальную реальность, нежели взрослые. В соответствии с данными Baumgartner et al. (2008), это логично объясняется длительными сроками созревания структур префронтальной коры в процессе постнатального развития.

Быстродействующие компьютерные системы могут обсчитывать и выдавать результирующий визуальный образ в течение нескольких миллисекунд, что позволяет программно устанавливать быстрое интерактивное взаимодействие наблюдателя с VR средой.

(2008) говорится об экспериментах с детьми (6–11 лет) и взрослыми (21–43 лет), где методом фМРТ выявлены мозговые корреляты субъективного «ощущения погружения в виртуальное пространство» («эффекта присутствия»; «being there», «presence»). Используя два типа виртуальных сред, вызывавших сильное (High Presence) и слабое (Low Presence) ощущения погружения в VR, авторы обнаружили, что решающим фактором, определяющим способность как детей, так и взрослых к переживанию «эффекта присутствия», является активность двух гомологичных дорзо-латеральных отделов префронтальной коры правого и левого полушарий (пДЛПФК и лДЛПФК, соответственно). При этом пДЛПФК влияет на переживание «эффекта присутствия» путем контроля потока зрительной информации, поступающей в задние отделы теменной коры, ответственные за оценку восприятия положения собственного тела («и его частей») во внешнем пространстве. С другой стороны, лДЛПФК оказывает свое влияние на качество и интенсивность переживаний «эффекта присутствия» через свои связи с медиальной префронтальной корой, включенной в регуляцию процессов саморефлексии и «интроверсивно направленных потоков сознания» (Baumgartner et al., 2008). Путем фМРТ-анализа активности мозга выявлена отрицательная корреляция активности в

Развитие методов томографии, с одной стороны, и компьютерных технологий, с другой, сделали возможным развитие такой новой области, как *вычислительная нейроанатомия*. Эта дисциплина открывает новые перспективы в обучении нейрохирургов, сравнительной диагностике, планировании нейрохирургических вмешательств. Одной из задач вычислительной нейроанатомии является создание компьютерных симуляторов, благодаря которым возможно осуществлять виртуальные операции на мозге пациентов. Благодаря этой новейшей технологии медики смогут отрабатывать ход нейрохирургических операций на виртуальной модели мозга для подготовки к реальной операции. Предварительная подготовка хирургов необходима потому, что такие операции отличаются особой сложностью. Модель компьютерного симулятора включает в себя трехмерную картину мозга, прогнозирование различных реакций пациента в ходе операции, а также выделение тех участков мозга, которые являются проблемными для данного типа операции. Такой симулятор может использоваться студентами-медиками для приобретения необходимых первичных навыков, а также опытными нейрохирургами при выборе стратегии операции и отработке ее отдельных деталей. Это помогает оттачивать технику навыков в

нестандартных, сложных случаях, не подвергая при этом опасности жизнь и здоровье реальных людей. Таким образом, операции на мозге становятся более безопасными для пациентов. Одной из проблем создания компьютерных симуляторов является уникальность топографии мозга каждого человека. Для учета любого типа уникальности предлагается разработка метода персонализации атласа головного мозга (Пицхелаури и др., 2008), в основе которого лежит «деформация» атласа среднестатистического мозга в соответствии с данными обследования реального мозга (Christensen et al., 1996). В результате применения такого метода конструируется атлас мозга конкретного человека.

может использоваться как эффективное средство в психотерапии и психологической реабилитации, а также для решения задач организационной психологии, спортивной психологии и психологии безопасности.

Особое место в системах ВР отводится психофизиологии. С одной стороны, использование психофизиологических показателей позволяет объективно оценить степень погружения человека в виртуальный мир и уровень адаптации к нему. С другой стороны, технологии ВР открывают перед психофизиологией новые возможности в исследовании взаимоотношений между душой и телом, мозгом и психикой.

В программируемой ВР в описание сценария можно ввести специальные способы визуального «усиления» ключевых стимулов – увеличить частоту их появления, усилить яркость, окрасить их в цвет, который «привлекает взор» испытуемого.

Разработка этого метода позволит получать 3D-изображения структур мозга по нескольким плоским сечениям (Zhu, Belkasim, 2005) или по легко измеряемым «инвариантам» (например, размерам черепа).

Заключение

1. Виртуальная реальность становится новым эффективным методом исследования в экспериментальной психологии и, как можно ожидать, это может привести к пересмотру категориального аппарата психологической науки. Поэтому для развития и внедрения этой уникальной новейшей технологии в теорию и практику экспериментальной психологии необходимы систематические исследования, касающиеся таких важных вопросов, как методология, этические нормы, техническое оснащение.

2. Анализ технологии виртуальной реальности свидетельствует о том, что она обладает целым рядом методологических особенностей, отличающих ее от методов традиционного психологического лабораторного эксперимента. Одни особенности методов ВР могут быть оценены как «преимущества» перед методами классической экспериментальной психологии, а другие – как новые проблемы, требующие специального, в том числе и методологического, анализа.

3. Экспериментальные исследования, проведенные при помощи технологии ВР, свидетельствуют о том, что она

Литература

1. Антонова О.А., Словьев С.В. Теория и практика виртуальной реальности. Логико-философский анализ. – СПб, 2009.
2. Величковский Б.М. Искра психологии: новые области прикладных психологических исследований // Вестн. Моск. ун-та. – Сер. 14. Психология. – 2007. – №1. – С. 57–72.
3. Величковский Б.М. Успехи когнитивных наук // В мире науки. – 2003. – №12. – С. 86–93.
4. Величковский Б.М., Хансен Дж.П. Новые технологические окна в психику: взаимодействие человек – компьютер может полнее использовать возможности глаз и мозга // Виртуальная реальность в психологии и искусственном интеллекте / Сост. Н.В. Чудова. – М., 1998. – С. 45–59.
5. Войскунский А.Е. Представление о виртуальных реальностях в современном гуманитарном знании // *Voyksunskiy A.E. (ed.). Sozial'nye i psikhologicheskie posledstviya primeneniya informatsionnykh tekhnologiy.* – М., 2001.
6. Войскунский А.Е., Меньшикова Г.Я. О применении систем виртуальной реальности в психологии // Вестн. Моск. ун-та. – Сер. 14. Психология. – 2008. – №1. – С. 22–36.
7. Войскунский А.Е., Смылова О.В. Психологическое применение систем виртуальной реальности // Интернет и современное общество. Труды IX Всероссийской объединенной конференции, 2006. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.conf.infosoc.ru/2006/thes/Voisk&Smyslova.pdf>
8. Дорохов В.Б. Технологии «виртуальной реальности» и нейронауки – 2006. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://psychosphaera.boom.ru/Public/Kirov/dorochov1.htm>

9. Захаревич В., Сурженко И., Супрунов В., Шаповал В. Исследование психофизиологической деятельности оператора в среде виртуальной реальности // Международная конференция Graphicon, Нижний Новгород, Россия, 2001. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.graphicon.ru>
10. Игнатъев М.Б., Никитина А.В., Войскунский А.Е. Архитектура виртуальных миров. – СПб, 2009.
11. Маньковская Н.Б., Бычков В.В. Виртуальность в пространствах современного искусства // Сборник научно-популярных знаний победителей конкурса РФФИ. – 2007. – №10. – С. 374–380.
12. Найссер У. Познание и реальность. – М., 1981.
13. Носов Н.А. Виртуальная психология. – М., 2000.
14. Носов Н.А. Виртуальный человек. Очерки по виртуальной психологии детства. – М., 1997.
15. Пицхелаури Д.И., Галатенко В.В., Баяковский Ю.М., Самборский Д.Я. Виртуальные нейрохирургические операции // Международная конференция Graphicon, Москва, Россия, 2008. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.graphicon.ru>
16. Россохин А.В. Виртуальное счастье или виртуальная зависимость (опыт психологического анализа) // Виртуальная реальность в психологии и искусственном интеллекте / Сост. Чудова Н.В. – М., 1998. – С. 247–255.
17. Руднев В.П. Прочь от реальности: исследование по философии текста. – М., 2000.
18. Руднев В.П. Энциклопедический словарь культуры XX века. – М., 2001.
19. Селисская М.А., Войскунский А.Е., Игнатъев М.Б., Никитин А.В. Применение виртуальной реальности в качестве психотерапевтического средства для помощи страдающим от психологических фобий. Проект исследования // Технологии информационного общества – Интернет и современное общество: Труды VII Всероссийской объединенной конференции (10–12 ноября 2004 г.). – СПб, 2004.
20. Спиридонов В.Ф. Психологический анализ виртуальной реальности // Виртуальная реальность в психологии и искусственном интеллекте / Сост. Чудова Н.В. – М., 1998. – С. 173–186.
21. Форман Н., Вильсон П. Использование виртуальной реальности в психологических исследованиях // Психологический журнал. – 1997. – Т. 17. – №2. – С. 64–72.
22. Хоффман Х. Целительная виртуальная реальность // В мире науки. – 2004. – №11. – С. 36–43.
23. Черниговская Т.В. Полифония мозга и виртуальная реальность // Виртуальная реальность в психологии и искусственном интеллекте / Сост. Чудова Н.В. – М., 1987. – С. 27–43.
24. Astur R.S., Germain S.A., Baker E.K., Calhoun V., Pearlson G.D., Constable R.T. fMRI Hippocampal Activity During a Virtual Radial Arm Maze // *Applied Psychophysiology and Biofeedback.* – 2005. – Vol. 30. – P. 307–317.
25. Attree E.A., Rose F.D., Brooks B.M. Virtual reality applications in the clinical

- cal neurosciences // *Advances in Clinical Neurosciences*. – 1998. – Vol. 18. – P. 99–110.
26. Bayliss J.D., Ballard D.H. The Effects of Eye Tracking in a VR Helmet on EEG Recordings. Technical Report: TR 685. University of Rochester. – N.Y., USA, 1998.
 27. Baumgartner Th., Speck D., Wettstein D., Masnari O., Beeli G., Jancke L. Feeling present in arousing virtual reality worlds: prefrontal brain regions differentially orchestrate presence experience in adults and children // *Frontiers in Human Neuroscience*. – 2008. – Vol. 2.
 28. Bente G., Eschenburg F., Kraemer N.C. (2007). Virtual Gaze. A pilot study on the effects of computer simulated Gaze in Avatar-based conversations. Virtual Reality: Proceedings of 12th human-computer interaction International conference (22–27 July 2007, Beijing, China). In: *Lecture Notes in Computer Science*, 4563.
 29. Bordnick P.S., Traylor A.C., Graap K.M. Copp, Hilary L., Brooks J. Virtual Reality Cue Reactivity Assessment: A Case Study in a Teen Smoker // *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. – 2005. – Vol. 30. – P. 187–193.
 30. Brooks B.M., Attree E.A., Rose F.D. An evaluation of virtual environments in neurological rehabilitation // *Proceedings of the British Psychological Society*. – 1997. – Vol. 5. – P. 121.
 31. Bullinger A.H., Hemmeter U.M., Stefani O., Angehrn I., Mueller-Spahn F., Bekiaris E., Wiederhold B.K., Sulzenbacher H., Mager R. Stimulation of Cortisol During Mental Task Performance in a Provocative Virtual Environment // *Appl. Psychophysiol Biofeedback*. – 2005. – Vol. 30. – P. 205–216.
 32. Calhoun V.D., Carvalho K., Astur R. Using Virtual Reality to Study Alcohol Intoxication Effects on the Neural Correlates of Simulated Driving // *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. – 2005. – Vol. 30. – P. 285–306.
 33. Christensen G.E., Miller M.I., Vannier M.V., Grenander U. Individualizing neuro-anatomical atlases using a massively parallel computer // *IEEE Computer*. – 1996. – Vol. 29. – №1. – P. 32–38.
 34. Cornwell B.R., Johnson L., Berardi L., Grillon C. Anticipation of Public Speaking in Virtual Reality Reveals a Relationship and Startle Reactivity // *Biol. Psychiatry*. – 2006. – Vol. 59. – P. 664–666.
 35. Costantini M., Haggard P. The rubber hand illusion: Sensitivity and reference frame for body ownership // *Consciousness and Cognition*. – 2007. – Vol. 16. – №2. – P. 229–240.
 36. Cote S., Bouchard St. Documenting the Efficacy of Virtual Reality Exposure with Psychophysiological and Information Processing Measures // *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. – 2005. – Vol. 30. – №3. – P. 217–232.
 37. Ducheneaut N., Yee N., Nickell E., Moore R.J. (2006). Alone Together? Exploring the Social Dynamics of Massively Multiplayer Games // *Human Factors in Computing Systems CHI 2006 Conference Proceedings*. April 22–27, Montreal, PQ, Canada. – P. 407–416.
 38. Ehrsson H.H. The Experimental Induction of Out-of-Body Experiences // *Science*. – 2007. – Vol. 317. – P. 1048.
 39. Ehrsson H.H. How many arms make a pair? Perceptual illusion of having an additional limb // *Perception*. – 2009. – Vol. 38. – №2. – P. 310–312.
 40. Ehrsson H.H., Rosen B., Stockselius A., Ragnö C., Kohler P., Lundborh G. Upper limb amputees can be induced to experience a rubber hand as their own // *Brain*. – 2008. – Vol. 131. – №12. – P. 3443–3452 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://brain.oxfordjournals.org/cgi/reprint/awm297v1.pdf>
 41. Galimberti C., Belloni C., Cantamesse M., Cattaneo A., Gatti F., Grassi M., Menti L. The development of an integrated psychosocial approach to effective usability of 3D virtual environments for cyberterapy // *Psychology journal*. – 2006. – Vol. 14. – №2. – P. 129–144.
 42. Khan, Yasir, Xu, Zhijie, Stigant, Mark (2003). Virtual reality for Neuropsychological diagnosis and rehabilitation: A Survey // In: *Proceedings of the Seventh International Conference on Information Visualization*. IEEE Computer Society, Washington DC, USA. – P. 158–163.
 43. Kim Y., Kim H.J., Ko H.D., Kim H.T. (2001). Psychophysiological changes by navigation in virtual reality. *Engineering in Medicine and Biology Society, Proceedings of the 23rd Annual International Conference of the IEEE*, 4. – P. 3773–3776.
 44. Meehan M., Insko B., Whitton M., Brooks Jr.F. Physiological Measures of Presence in Stressful Virtual Environments // *ACM Transact. Graph.* – 2002. – Vol. 21. – №3. – P. 645–652.
 45. Mertens R., Allen J.B. The role of psychophysiology in forensic assessments: Deception detection, ERP's, and virtual reality mock crime scenarios // *Psychophysiology*. – 2008. – Vol. 45. – №2. – P. 286–298.
 46. Morganti F., Gaggioli A., Castelnuovo G., Bulla D., Vettorello M., Riva G. The use of technology supported mental imagery in neurological rehabilitation: a research protocol // *Cyberpsychology & Behavior*. – 2003. – Vol. 6. – №4. – P. 421–442.
 47. Muhlberger A., Bulthoff H.H., Wiedemann G., Pauli P. Virtual Reality for the Psychophysiological Assessment of Phobic Fear: Responses During Virtual Tunnel Driving // *Psychological Assessment*. – 2007. – Vol. 19. – №4. – P. 340–346.
 48. Nicolis G., Prigogine I. Exploring Complexity. An introduction. – Freeman W.H. & Co. N.Y., 1989.
 49. Optale G., Capodieci S., Pinelli P., Zara D., Gamberini L., Riva G. Music-enhanced immersive virtual reality in the rehabilitation of memory-related cognitive processes and functional abilities: A case report // *Presence*. – 2001. – Vol. 10. – P. 450–462.
 50. Panteli N., Dawson P. Video conferencing meetings: changing patterns of business communication // *New Technology, Work and Employment*. – 2001. – Vol. 16. – №2. – P. 88–99.
 51. Parsons T.D., Iye A., Cosand L., Courtney C., Rizzo A.A. Neurocognitive and Psychophysiological Analysis of Human Performance within Virtual Reality Environments // *Medicine Meets Virtual Reality / J.D. Westwood et al. (eds.)*. – 2009. – P. 247–252.
 52. Petkova V.I., Ehrsson H.H. If I Were You: Perceptual Illusion of Body Swapping // *PLoS ONE*. – 2008. – Vol. 3. – №12. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.plosone.org/article/info:doi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0003832>
 53. Petkova V.I., Ehrsson H.H. When Right Feels Left: Referral of Touch and Ownership between the Hands // *PLoS ONE*. – 2009. – Vol. 4. – №9. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0006933>
 54. Prigogine I., Stengers I. Order out of Chaos: Man's new dialogue with nature. – Flamingo, 1984.
 55. Pugnetti L., Meehan M., Mendozzi M. Psychophysiological Correlates of Virtual Reality: A Review // *Presence. Teleoperators and Virtual Environments*. – 2001. – Vol. 10. – №4. – P. 384–400.
 56. Reddy M., Watson B., Walker N., Hodges L.F. Managing level of detail in virtual environments – A perceptual framework // *Presence-Teleoperators and Virtual Environment*. – 1997. – Vol. 6. – №6. – P. 59–63.
 57. Riva G. Virtual reality // M. Akay (ed.). *Wiley encyclopedia of biomedical engineering*. – N.Y., 2006.
 58. Rizzo A., Buckwalter J.G., Zaag van der C. Virtual Environment Applications in Clinical neuropsychology // K. Stanney (ed.). *The Virtual Environments Handbook*. – N.Y., 2002.
 59. Rock I. Perception. – New York: Scientific American Library, 1995.
 60. Rose F.D., Attree E.A., Brooks B.M., Andrews T.K. Learning and Memory in Virtual Environments: A Role in Neurorehabilitation? Questions (and Occasional Answers) from the University of East London // *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. – 2000. – Vol. 10. – №4. – P. 345–358.
 61. Schultheis M.T., Himelstein J., Rizzo A.R. Virtual Reality and Neuropsychology // *J. of Head Trauma Rehabilitation*. – 2002. – Vol. 17. – №5. – P. 378–394.
 62. Velichkovsky B.M. Communicating attention: Gaze position transfer in cooperative problem solving // *Pragmatics and Cognition*. – 1995. – Vol. 3. – №2. – P. 199–222.
 63. Walshe D.G., Lewis E.J., Kim S.I., O'Sullivan K., Wiederhold B.K. Exploring the Use of Computer Games and Virtual Reality in Exposure Therapy for Fear of Driving Following a Motor Vehicle Accident // *CyberPsychology & Behavior*. – 2003. – Vol. 6. – №3. – P. 329–334.
 64. Whitton M.C. Making virtual environments compelling // *Communications of ACM*. – 2003. – Vol. 46. – №7. – P. 40–46.
 65. Wiederhold B.K., Rizzo A. Virtual reality and Applied Psychophysiology // *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. – 2005. – Vol. 30. – №3. – P. 183–185.
 66. Wilhelm F.W., Pfaltz M.C., Gross J.J., Mauss I.B., Kim S.I., Wiederhold B.K. Mechanisms of Virtual Reality Exposure Therapy: The Role of the Behavioral Activation and Behavioral Inhibition Systems // *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. – 2005. – Vol. 30. – P. 183–185.
 67. Yee N. Psychological research in virtual worlds. – 2007. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bps-research-digest.blogspot.com/2007/06/psychological-research-in-virtual.html>
 68. Zhu Y., Belkasim S. A 3D Reconstruction Algorithm Based on 3D Deformable Atlas. Proceedings of the Third International Conference on Information Technology and Applications (ICITA'05), IEEE Computer Society. – 2005. – P. 607–612.

Продолжение в следующем номере.