УДК 159.9.072.2, 159.96

КИБЕРЗАБОЛЕВАНИЕ В СИСТЕМАХ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ: ФЕНОМЕНОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ¹

© 2019 г. О. В. Смыслова^{1,*}, А. Е. Войскунский^{2,**}

¹ *UserLytics Corp., Foster City, California, USA.*

² *Факультет психологии МГУ им. М. В. Ломоносова;
125009, г. Москва, ул. Моховая, д. 11, Россия.*

**Кандидат психологических наук, аналитик.*

E-mail: olga@smyslova.com

***Кандидат психологических наук, ведущий научный сотрудник.*

E-mail: vae-msu@mail.ru

Поступила 08.10.2018

Аннотация. Приведен обзор исследований, посвященных феноменам киберзаболевания, известного также как симуляторное расстройство, или векция. Его феноменология сопровождает практику применения компьютерных систем виртуальной или дополненной реальности. Обсуждается близость киберзаболевания к “морской болезни” или другим видам транспортного “укачивания”. Рассматриваются симптомы явлений киберзаболевания и теории, выдвинутые для его объяснения: теория сенсорного конфликта, теория постуральной неустойчивости и токсинная (эволюционная) теория. Анализируются факторы, предположительно способствующие возникновению киберзаболеваний, в том числе технические характеристики систем виртуальной реальности, индивидуальные особенности пользователей таких систем, специфика выполняемых людьми задач, включая ситуации так называемой многозадачности. Рассматриваются опросные методы, предложенные для измерения киберзаболевания, а также методы, включающие регистрацию психофизиологических параметров. Обсуждаются перспективные мероприятия, направленные на снижение вероятности наступления киберзаболевания.

Ключевые слова: виртуальная реальность, иммерсия, симуляторное расстройство, векция, укачивание, киберзаболевание, методы измерения, психофизиологические параметры.

DOI: 10.31857/S020595920005473-6

В бытовой речи и в СМИ виртуальную реальность принято связывать с активностью, включающей применение цифровых технологий: компьютерные игры, общение в социальных сетях, поиск информации в интернете, приобретение товаров и услуг онлайн и др. В отличие от указанного словоприменения, далее под виртуальной реальностью (VR) в строгом смысле будет пониматься замена ощущаемой реальности программными и техническими средствами, когда компьютеры, следуя специальной программе, формируют воспринимаемые человеком изображения (вместе со звуками, тактильными ощущениями, иногда и запахами), последние предъясняются посредством очков или шлема, дополненных при

необходимости перчатками и/или надеваемым костюмом виртуальной реальности, при этом с помощью специальных датчиков фиксируются любые движения, ведущие к изменению положения тела человека в пространстве, и соответственно видоизменяются проецируемые изображения (наряду со звуками и т.п.). Принято говорить, что тем самым создаются искусственные (цифровые) виртуальные среды, или виртуальные миры [3], реалистично воспринимаемые людьми. VR — продукт одновременно информационных и психологических технологий: самые сложные компьютерные модели и самые миниатюрные мониторы должны быть адаптированы к особенностям человеческого восприятия и сознательного поведения. Все остальные применения цифровых технологий (игровые, коммуникативные, познавательные и т.п.) следует отнести к расширенному пониманию виртуальной реальности.

¹ Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-18-00365, “Цифровая социализация в культурно-исторической перспективе: внутр поколенческий и межпоколенческий анализ”, МГУ им. М. В. Ломоносова).

Психологическая наука и практика представляют собой одну из ведущих областей применения интенсивно развивающихся систем (миров) ВР [6; 9]; среди актуальных направлений в психологической науке — психология виртуальной реальности [8]. Если оставить в стороне военные приложения, то значимость психологических применений систем ВР не уступает применению их в строительстве, архитектуре или дизайне, в разработке и эксплуатации транспортных систем, в организации развлекательных шоу и театральных постановок, выставок и экспозиций, в образовании и науке, в здравоохранении и спорте [3; 4].

ФЕНОМЕНЫ И СИМПТОМЫ КИБЕРЗАБОЛЕВАНИЯ

Многие опасаются ВР, усматривая угрозы психическому и/или соматическому здоровью. Для этого есть определенные основания. Так, если обратиться к расширенному пониманию виртуальной реальности, то скандальную известность приобрел “Шок от покемонов”: казус эпилептических припадков у японских детей, случившийся 16 декабря 1997 г. В то время “Покемон” был телесериалом в жанре аниме, а не игрой в жанре дополненной реальности. Сюжет 38-й серии предусматривал “взрыв” — быстрое чередование цветных пятен на экране. Эти кадры вызвали недомогание у сотен телезрителей детского возраста: многим был поставлен диагноз “светочувствительная эпилепсия”². Дальнейшее трехлетнее наблюдение подкрепило мнение о том, что недомогание действительно могло быть спровоцировано яркими световыми вспышками.

Опыт применения систем ВР также показывает, что в отдельных случаях наблюдаются проявления так называемого киберзаболевания, или виртуального укачивания (*VR sickness*, *VE sickness*, *cybersickness* и др.): как и обычное укачивание в транспорте, или морская болезнь, оно сопровождается ощущениями головной боли, головокружения и нарушения ориентации в пространстве, сухости во рту, напряжения глаз и нарушения концентрации внимания, болей в животе, тошноты и рвоты, неспособности выполнять отдельные моторные действия. Феномен киберзаболевания известен уже несколько десятилетий и не утратил актуальности [1; 27; 38; 46]. Пользователи ВР могут испытывать симптомы, сходные с “укачиванием” во время морской прогулки, поездки на машине или полета в самолете. Более

того, в ранний период развития космонавтики примерно у половины участников космических полетов отмечался “синдром космической адаптации”: “слюнотечение, головокружение, апатия, вялость, слабость, потеря аппетита, беспокойство, головная боль, усталость, сонливость и рвота” [13, с. 164]. Укачивание при транспортном передвижении или при моделировании невесомости на центрифуге, симуляторе либо в специальном бассейне часто именуют векцией (от англ. *vection* — перенос, передача) либо симуляторным расстройством [26]. Поскольку терминология пока не фиксирована, в настоящей статье будет употребляться термин “киберзаболевание”.

Современный взгляд состоит в том, что подобная симптоматика целиком относится к новым видам психических расстройств, связанных с использованием цифровых технологий. Она подробно рассматривалась в русскоязычных источниках [1; 11]. При оценке частоты возникновения киберзаболевания указывается, что оно знакомо от 35 до 79% пользователей [23; 36; 41].

Симптомы киберзаболевания обычно разделяют на *три основные группы*:

- 1) зрительные: астенопия, т.е. зрительный дискомфорт или утомляемость глаз, размытое изображение, головные боли. Аналогичные симптомы возникают как результат приближения экрана к органам зрения;
- 2) дезориентация: головокружение, потеря пространственной ориентации;
- 3) тошнота, рвота и сопутствующая общая слабость, боли в животе.

Другие симптомы включают общий дискомфорт, трудности фокусировки зрения, повышенное слюно- и потоотделение, чувство тяжести в голове, а “вместе с соматическими могут быть и психические симптомы: дереализация, нарушения сна, тревожные симптомы вплоть до панических атак” [12]. Последние могут быть связаны с дефицитом активности или отсутствием ее видимых результатов ввиду недостаточности обратной связи, когда возникает ощущение потери контроля над ситуацией; ослаблению контроля могут также способствовать завышенные ожидания при предвосхищении нового опыта. Называется также [1] чувствительность периферийного зрения к возможному мерцанию изображения (ввиду недостаточной частоты обновления экрана); при оперировании в системах дополненной реальности, допускающих групповые взаимодействия, нередко имеет место резкое видоизменение социальных связей. Проблемы со сном,

² https://ru.wikipedia.org/wiki/Dennou_Senshi_Porygon

нарастание тревожности, ощущение ухода в иную реальность характеризуют также зависимость от интернета; не останавливаясь на этом, отметим лишь, что у интернет-аддиктов могут возникать эффекты “ухода” в иную реальность и длительно-го “присутствия” в ней [5]. Подобное ощущение может возражать при увеличении ширины экрана [11]: на данное обстоятельство уже обращено внимание производителей киноэкранов и компьютерных мониторов.

Конкретная причина возникновения киберзаболевания неизвестна [1]; предложены три основные гипотетические теории, некоторые из них непосредственно связаны с объяснением “укачивания” в транспорте.

1. Теория **сенсорного конфликта** предполагает, что субъект получает противоречивую стимуляцию от зрительной и проприоцептивной систем и от вестибулярного аппарата [43; 46].

2. Теория **постуральной неустойчивости** [37; 45] — под этим понимается нарушение способности удерживать равновесие в той или иной позе или при изменении позы. Предполагается, что ощущение движения возникает при недостатке сенсорных сигналов, позволяющих определить правильное положение тела в пространстве. Эти предположения получили подтверждение в экспериментах с использованием вращающейся комнаты, а позже — системы виртуальной реальности [48].

3. **Эволюционная, или токсинная**, теория [25; 47] проводит параллель между симптомами, характерными для отравления токсинами, и симптомами киберзаболевания (в обоих случаях это тошнота, проблемы с ориентацией тела в пространстве, головокружение и т.п.). Предполагается, что в основе киберзаболевания лежат те же механизмы, что и при воздействии отравляющих веществ [18], тем более что люди, подверженные киберзаболеванию, тяжелее других переживают действие отравляющих веществ в условиях химиотерапии или лекарственного лечения [21].

Существенным моментом признаются активность и самоконтроль пространственных перемещений. Именно поэтому водители автомобилей реже страдают от “укачивания”, чем пассажиры, а в системах расширенной ВР “укачивание” реже возникает у игроков в компьютерные игры, которые активны, чем у просматривающих фильмы и видеоролики зрителей, которые пассивны.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ КИБЕРЗАБОЛЕВАНИЯ

Имеется ряд инструментов для измерения киберзаболевания. Начало им положили опросники для изучения адаптации космонавтов после тренировок в центрифугах и в бассейнах с имитацией состояния невесомости. Так, взяв за основу опросник “Расстройства движения” (*Pensacola motion sickness questionnaire*, или *MSQ*), используемый в Национальном аэрокосмическом агентстве США [28], Р. Кеннеди в 1993 г. разработал “Опросник симуляторных расстройств” (*Simulator sickness questionnaire*, или *SSQ*), который с тех пор считается наиболее валидным [29]. В широкомасштабном исследовании приняли участие летчики-профессионалы. Кеннеди сократил количество симптомов киберзаболевания с 27 до 16, а дальнейшая факторизация данных позволила объединить их в три категории: окуломоторные симптомы, потеря ориентации и тошнота. Окуломоторный кластер включал в себя утомление глаз, трудности фокусировки, помутнение зрения и головную боль. Потеря ориентации связана с головокружением. Такие симптомы, как повышенное слюноотделение, отрыжка и неприятные ощущения в желудке, вошли в категорию “тошнота”.

Методика “Опросник симптомов виртуальной реальности” была разработана специально для изучения феноменов киберзаболевания [18]. Выбрав 47 наиболее часто встречающихся симптомов, зафиксированных в публикациях, авторы создали пилотную версию опросника, в которой осталось 23 симптома; в ходе тестирования оказалось, что только 13 из них выбрали 20% и более испытуемых [14]. Предназначенный для измерения киберзаболеваний опросник не был принят другими исследователями [18], а критики специализированных опросников полагают неформальные интервью более содержательными [2].

Были предприняты попытки улучшить опросник *SSQ*, изменив структуру факторов. Сам автор опросника заметил [30], что многие вопросы *SSQ* имели высокие нагрузки по более чем одному фактору, так что в результирующем балле они были подсчитаны дважды или трижды. Например, такие шкалы, как “общий дискомфорт” или “трудности концентрации”, были отнесены и к окуломоторному, и к дезориентационному факторам. Поэтому в 2007 г. была предпринята попытка создать двухфакторную структуру, которая в большей степени соответствовала бы задаче измерения киберзаболевания [18]. Валидность данного двухфакторного опросника, однако, остается под вопросом.

Не является ли модификация опросника результатом видоизменения среды, в которой измерялся феномен укачивания (ВР vs. летательные симуляторы), а также смены выборки (профессиональные пилоты vs. пациенты с фобиями)? На эти вопросы пока нет ответа: столь же масштабное исследование, как проведенное Кеннеди в конце XX в., не представляется пока возможным. В Австралии [19] попытались скорректировать опросник Кеннеди и на выборке из 28 испытуемых провели факторный анализ данных по опроснику *SSQ*, опроснику тревожности и двум психофизиологическим параметрам тревожности (частота сердечных сокращений и дыхания). Было выявлено, что негативные эффекты погружения в виртуальную реальность распределены по четырем латентным факторам. Вместе с другими шкалами *SSQ* фактор киберзаболевания оказался нагружен еще и показателями тревожности, а респираторные явления, к примеру, способны образовать латентную структуру, от которой зависят побочные эффекты нахождения в виртуальных мирах.

Во многих работах исследователи либо сами индуцируют состояние тревожности у респондентов, либо имеют дело с пациентами психиатров/психотерапевтов, например, по поводу фобий. Поэтому такие симптомы, как повышенное потоотделение, дискомфорт или утомляемость (*fatigue*), могут быть объяснены скорее не погружением в ВР, а тревожностью — как ситуационной, так и устойчивой чертой испытуемых. В отличие от более ранних попыток, целесообразно было бы стимулировать чувство тревоги и оценить ее связь с интенсивностью симптомов, измеряемых *SSQ*. В настоящее время продолжаются попытки доработать имеющиеся опросники [15; 17; 32].

Представляет интерес исследование влияния своеобразного прайминга на точность самоотчетов при оценке киберзаболевания [30]. Трех группам респондентов была представлена информация о киберзаболевании, носившая позитивный, негативный или нейтральный характер. Каждую минуту пребывания в ВР участники отмечали свое состояние по шкале “укачиваемости” (от 0 до 20), в конце эксперимента они заполняли опросник *SSQ*. Показано, что корреляция между самоотчетами и результатами *SSQ* достаточно высока (от 0.7 до 0.8), а информационный прайминг не оказывает на них влияния. Таким образом, весьма затруднительно вызвать эффекты киберзаболевания посредством одних лишь вербальных средств в тех случаях, когда люди на самом деле их не испытывают.

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕГИСТРАЦИЯ КИБЕРЗАБОЛЕВАНИЯ

Поскольку многие симптомы киберзаболевания представляют собой физиологические реакции, логично предположить, что оно может быть измерено с помощью психофизиологических показателей. Так, при регистрации 16 электрофизиологических параметров в процессе погружения в виртуальную среду было зафиксировано повышение значений некоторых параметров (частота моргания, ЭКГ, дельта-ритм ЭЭГ, желудочная тахикардия, дыхательная синусовая аритмия) и понижение других (сердечного цикла, температуры кончиков пальцев, фотоплетизмографического сигнала и бета-ритма ЭЭГ) [33]. Лишь часть из них коррелирует с субъективной оценкой киберзаболевания. В других исследованиях показано, что симптомы киберзаболевания связаны с сердечным симпатическим оттоком [40], а для предсказания их наступления предложено регистрировать частоту сердечных сокращений, показатели терморегуляции и кожно-гальваническую реакцию [39].

Имеются данные, согласно которым различия в психофизиологических показателях значимы лишь в тех случаях, когда измерения проводились непосредственно после погружения испытуемых в ВР [17; 28]. Показано, что признаки киберзаболевания являются почти такими же, как и при обычном укачивании, однако неизвестно, отличается ли укачивание в транспорте от укачивания на симуляторе ВР [23]. Неясно также, влияет ли киберзаболевание на терморегуляцию, а если влияет, то каким образом [39].

Попытки измерить степень киберзаболевания путем регистрации психофизиологических параметров продолжаются [22; 34]. Правда, и само погружение в ВР, и даже перспектива такого погружения ведут к изменению измеряемых показателей, так что предложено выявить некий базовый для каждого человека уровень психофизиологических показателей в условном “нейтральном виртуальном мире” [20].

Обнаружена связь между использованием шлема ВР и повышением частоты сердечных сокращений вместе с понижением КГР [24]. Путем регистрации электрокардиограммы, электрогастрограммы, фотоплетизмограммы, частоты дыхания и движений глаз показано, что частота дыхания, моргания и показания электрогастрограммы могут служить предикторами киберзаболевания [22]. О реальности заболевания свидетельствовал тот факт, что около половины испытуемых были

вынуждены прервать эксперимент из-за ухудшения самочувствия.

Хотя во многих исследованиях показана связь между психофизиологическими показателями и ухудшением состояния пользователя, практическое применение этих знаний представляется ограниченным. Причина заключается в разнообразии как технологического оборудования систем ВР, так и их программного наполнения: роль железа и софтвера в создании и презентации человеку виртуального мира одинаково высока. Психофизиологические реакции пользователей также весьма разнообразны. Поскольку технические и программные средства ВР не стандартизированы, недостаточно информативны и результаты регистрации психофизиологических параметров с целью выработать систему предупреждений пользователей о возможном риске подвергнуться киберзаболеванию. К аналогичному выводу приходят авторы, рассматривающие киберзаболевания с позиций разработки критериев юзабилити [38].

Таким образом, на основе психофизиологических измерений не представляется возможным зафиксировать влияние особенностей оборудования на вероятность наступления киберзаболевания. Кроме того, такие измерения обходятся дороже, чем применение ретроспективных опросников. На данный момент стоимость подобных исследований выглядит для рядового пользователя чрезмерной, а ожидаемая польза довольно сомнительна. Тем не менее можно утверждать, что регистрация психофизиологических данных повышает валидность исследований, в ином случае ограниченных применением самоотчетов и опросников.

ПЕРСПЕКТИВЫ СНИЖЕНИЯ ОПАСНОСТИ КИБЕРЗАБОЛЕВАНИЯ

Снизить вероятность киберзаболевания помогает соблюдение интервалов между сессиями работы в системах ВР: опытным путем выявлено [1], что оптимальна пауза длительностью от двух до пяти дней. Снижению неприятных эффектов киберзаболевания способствуют активное взаимодействие с виртуальной средой (в противоположность пассивной роли наблюдателя) и быстрая обратная связь [1]. Предлагается, к примеру, оснастить автомобили системами дополненной реальности, которые вводили бы специальные маркеры дорожной обстановки, маршрута и разметки [7]; это может послужить усилению уверенности и проявлению активности водителя в предпринимаемых действиях. Это тем более существенно, что

киберзаболевание ведет к замедлению времени реакции [47].

Проявляется забота и о пассажире беспилотно-го автомобиля: если он/она пользуется гаджетом, то часть экрана предлагается занять изображением автомобиля и его окружения; утверждается, что подобное разделение экрана предотвращает укачивание; впрочем, объединение целого ряда показателей на едином электронном рабочем столе — давняя рекомендация, выработанная в инженерной психологии [13]. Предложена и иная стратегия: с симптомами киберзаболевания помогает справиться ограничение поля зрения при перемещении по виртуальному пространству [44].

В качестве средства от киберзаболевания предлагается динамически менять фокус внимания в ходе игры с применением шлема ВР [44]. Систематические тренировки (на примере профессиональных спортсменов) также помогают избежать киберзаболевания [10; 11; 36].

Имеется разработка³, основанная на антиципации поведения человека: система “предсказывает” на 30 мс вперед вероятную траекторию движения пользователя в очках или в шлеме ВР. В силу этого изображение по большей части формируется и проецируется без задержки, а стало быть, уменьшается опасность потери ориентации или головокружения, вызванного запаздыванием визуального ряда⁴. А недостатки такой системы должны быть связаны с резкими поворотами головы, остановками и всевозможными изменениями направления движения пользователя, что способно привести к диссинхронизации антиципируемого образа с сигналами, поступающими от вестибулярной системы.

Разрабатывается мобильная платформа *DASH*, нацеленная на борьбу с дезориентацией человека при быстром передвижении в виртуальном мире [16]. Такого рода программные средства придают осмысленность когнитивной карте преодоленного пространства за счет фиксации скорости (возможно, меняющейся) перемещения и расстановки условных путевых знаков, которые могут быть впоследствии узнаны. Отдельные шкалы такого рода конструируются для учета случаев исключительно (*exceptional*) быстрого и непрогнозируемого перемещения с целью предупредить наступление киберзаболевания [31].

Таким образом, научный и практически ориентированный поиск ведется в различных

³ <http://antilatency.com/>

⁴ https://www.rbc.ru/magazine/2018/07/5b4379819a7947a733aca2d8?from=right_4

направлениях. Это дает основания выразить уверенность, что основные проблемы, связанные с нейтрализацией киберзаболеваний, удастся решить в ближайшем будущем.

Рассмотрение основных факторов (личностных и отчасти технологических), которые способны оказать влияние на возникновение и развитие киберзаболевания, будет продолжено во второй части статьи, которая будет опубликована в следующем выпуске журнала. Там же будет предпринята попытка связать данную проблематику с исследованиями особенностей сенсорной интеграции — одним из наиболее любопытных направлений психологической работы, связанной с применением систем виртуальной реальности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Авербух Н.В.* Психологические аспекты феномена присутствия в виртуальной среде // Вопросы психологии. 2010. № 5. С. 105–113.
2. *Авербух Н.В., Щербинин А.А.* Феномен присутствия и его влияние на эффективность решения интеллектуальных задач в средах виртуальной реальности // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2011. Т. 8. № 4. С. 102–119.
3. Архитектура виртуальных миров / Под ред. М.Б. Игнатъева, А.В. Никитина, А.Е. Войскунского. СПб.: Изд-во ГУАП, 2009.
4. *Войскунский А.Е.* Психология и Интернет. М.: Акрополь, 2010.
5. *Войскунский А.Е.* Концепции зависимости и присутствия применительно к поведению в Интернете // Медицинская психология в России. 2015. № 4 (33). URL: http://mprj.ru/archiv_global/2015_4_33/номер07.php (дата обращения: 30.07.2015).
6. *Войскунский А.Е., Меньшикова Г.Я.* О применении систем виртуальной реальности в психологии // Вестник Московского университета. Сер. 14. Психология. 2008. № 1. С. 22–36.
7. *Ефремов С.Б.* Тип коммуникаций между водителем и автомобилем, основанный на дополненной реальности: новый тренд в построении интеллектуальных транспортных систем // Современная зарубежная психология. 2017. Т. 6. № 1. С. 6–14.
8. *Зинченко Ю.П.* Психология виртуальной реальности. М.: Изд-во Московского университета, 2011.
9. *Зинченко Ю.П., Меньшикова Г.Я., Баяковский Ю.М., Черноризов А.М., Войскунский А.Е.* Технологии виртуальной реальности: методологические аспекты, достижения и перспективы // Национальный психологический журнал. 2010. № 2 (4). С. 64–71.
10. *Ковалев А.И., Климова О.А.* Диагностика устойчивости вестибулярной функции спортсменов с применением технологии виртуальной реальности // Спортивный психолог. 2017. Т. 46. № 3. С. 4–9.
11. *Ковалев А.И., Меньшикова Г.Я., Климова О.А., Барбанищкова В.В.* Содержание профессиональной деятельности как фактор успешности применения технологий виртуальной реальности // Экспериментальная психология. 2015. Т. 8. № 2. С. 45–59.
12. *Федотов И.А., Кукушкин С.В., Доровская В.А., Антошкин Я.А.* i-Disorders — новые виды психических расстройств, связанные с использованием современных информационных технологий // Омский психиатрический журнал. 2015. № 4 (6). С. 16–19.
13. *Хант С.Р.* Инженерная психология в космонавтике // Человеческий фактор: В 6 т. Т. 2. Эргономические основы проектирования производственной среды / Под ред. Г. Салвенди. М.: Мир, 1991. С. 155–178.
14. *Ames S.L., Wolffsohn J.S., McBrien N.A.* The development of a symptom questionnaire for assessing virtual reality viewing using a head-mounted display // Optometry & Vision Science. 2005. V. 82. № 3. P. 168–176.
15. *Balk S.A., Bertola M.A., Inman V.W.* Simulator Sickness Questionnaire: Twenty Years Later // Proceedings of the Seventh International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design (June 17–20, 2013, Bolton Landing, New York). Iowa City, IA: Public Policy Center, University of Iowa, 2013. P. 257–263.
16. *Bhandri J., MacNeilage P., Folmer E.* Teleoperation without spatial disorientation using optical flow cues // Graphics Interface Conference (Toronto, 8–11 May 2018). 2018. graphicsinterface.org/wp-content/uploads/gi2018-22.pdf (дата обращения: 07.08.2018).
17. *Biernacki M.P., Kennedy R.S., Dziuda Ł.* Simulator sickness and its measurement with Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) // Medycyna Pracy. 2016. V. 67. № 4. P. 545–555.
18. *Bouchard S., Robillard G., Renaud P., Bernier F.* Exploring new dimensions in the assessment of virtual reality induced side effects // Journal of computer and information technology. 2011. V. 1. № 3. P. 20–32.
19. *Bruck S., Watters P.* The factor structure of cybersickness // Displays. 2011. V. 32. № 4. P. 153–158.
20. *Busscher B., de Vliegher D., Ling Y., Brinkman W.P.* Physiological measures and self-report to evaluate neutral virtual reality worlds // Journal of CyberTherapy and Rehabilitation. 2011. V. 4. № 1. P. 15–25.
21. *Davis S., Nesbitt K., Nalivaiko E.* Comparing the onset of cybersickness using the Oculus Rift and two virtual roller coasters // Proceedings of the 11th Australasian Conference on Interactive Entertainment (27–30 January 2015), Sydney, Australia. 2015. P. 3–14.
22. *Dennison M.S., Wisti A.Z., D'Zmura M.* Use of physiological signals to predict cybersickness // Displays. 2016. V. 44. P. 42–52.

23. *Dong X., Yoshida K., Stoffregen T.A.* Control of a virtual ambulation influences body movement and motion sickness // *Journal of Experimental Psychology: Applied*. 2011. V. 17. № 2. P. 128–38.
24. *Egan D., Brennan S., Barrett J., Qiao Y., Timmerer C., Murray N.* An evaluation of Heart Rate and Electrodermal Activity as an Objective QoE Evaluation method for Immersive Virtual Reality Environments // 2016 Eighth International Conference on Quality of Multimedia Experience (6–8 June 2016, Lisbon, Portugal). 2016.
25. *Golding J.F.* Motion sickness susceptibility // *Autonomic Neuroscience*. 2006. V. 129. Is. 1–2. P. 67–76.
26. *Hettinger L.J., Berbaum K.S., Kennedy R.S., Dunlap W.R., Nolan M.D.* Vection and simulator sickness // *Military Psychology*. 1990. V. 2. № 3. P. 171–181.
27. *Hildebrandt J., Schmitz P., Valdez A.C., Kobbelt L., Ziefle M.* Get Well Soon! Human Factors' Influence on Cybersickness After Redirected Walking Exposure in Virtual Reality // *Virtual, Augmented and Mixed Reality: Interaction, Navigation, Visualization, Embodiment, and Simulation*. 10th Internat. Conference (July 15–20 2018, Las Vegas, USA) Proceedings, Part 1. Lecture Notes in Computer Science, Issue 10909 / Eds. J.Y.C. Chen and G. Fragomeni. Springer Publ., 2018. P. 82–101.
28. *Kellogg R., Kennedy R., Graybiel A.* Motion sickness symptomatology of labyrinthine defective and normal subjects during zero gravity maneuvers // *Aerospace Medicine*. 1965. V. 36. № 4. P. 315–318.
29. *Kennedy R.S., Lane N.E., Berbaum K.S., Lilienthal M.G.* Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness // *The International Journal of Aviation Psychology*. 1993. V. 3. № 3. P. 203–220.
30. *Keshavarz B., Hecht H.* Validating an efficient method to quantify motion sickness // *Human factors*. 2011. V. 53. № 4. P. 415–426.
31. *Kim H.G., Baddar W.J., Lim H-T., Jeong H., Ro Y.M.* Measurement of exceptional motion in VR video contents for VR sickness assessment using deep convolutional autoencoder // *Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology* (November 8–10, 2017, Gothenburg, Sweden). 2017.
32. *Kim H.K., Park J., Choi Y., Choe M.* Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): Motion sickness measurement index in a virtual reality environment // *Applied Ergonomics*. 2018. V. 69. P. 66–73.
33. *Kim Y.Y., Kim H.J., Kim E.N., Ko H.D., Kim H.T.* Characteristic changes in the physiological components of cybersickness // *Psychophysiology*. 2005. V. 42. № 5. P. 616–625.
34. *Kiryu T., So R.H.* Sensation of presence and cybersickness in applications of virtual reality for advanced rehabilitation // *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2007. V. 4. № 34.
35. *Liu Ch.-L.* A study of detecting and combating cybersickness with fuzzy control for the elderly within 3D virtual stores // *International Journal of Human-Computer Studies*. 2014. V. 72. Iss. 12. P. 796–804.
36. *Menshikova G.Y., Kovalev A.I., Klimova O.A., Barabanschikova V.V.* The application of virtual reality technology to testing resistance to motion sickness // *Psychology in Russia: State of the Art*. 2017. V. 10. № 3. P. 151–164.
37. *Money K.E., Lackner J.R., Cheung R.S.K.* The autonomic nervous system and motion sickness // *Vestibular Autonomic Regulation* / Eds. Yates B.J., Miller A.D. Boca Raton, FL: CRC Press, 1996. P. 147–173.
38. *Mousavi M., Hwa Jen Y., Musa S.N.B.* A Review on Cybersickness and Usability in Virtual Environments // *Advanced Engineering Forum*. 2013. V. 10. P. 34–39.
39. *Nalivaiko E., Davis S., Blackmore K.L., Vakulin A., Nesbitt K.V.* Cybersickness provoked by head-mounted display affects cutaneous vascular tone, heart rate and reaction time // *Physiology and Behavior*. 2015. V. 151. P. 583–590.
40. *Ohyama S., Nishiike S., Watanabe H., Matsuoka K., Aki-zuki H., Takeda N. et al.* Autonomic responses during motion sickness induced by virtual reality // *Auris Nasus Larynx*. 2007. V. 34. № 3. P. 303–306.
41. *Pedro A., Le Q.T., Park C.S.* Framework for integrating safety into construction methods education through interactive virtual reality // *Journal of Professional Issues of Engineering Education and Practice*. 2016. V. 142. № 2. Iss. 2. P. 04015011.
42. *Porcino T., Clua E., Trevisan D., Vasconcelos C., Valente L.* Minimizing cyber sickness in head mounted display systems: Design guidelines and applications // *IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH, 2017)*. 2017. P. 1–11.
43. *Reason J.T.* Motion sickness adaptation: a neural mismatch model // *Journal of the Royal Society of Medicine*. 1978. V. 71. № 11. P. 819–829.
44. *Rebenitsch L., Owen C.* Review on cybersickness in applications and visual displays // *Virtual Reality*. 2016. V. 20. № 2. P. 101–125.
45. *Riccio G.E., Stoffregen T.A.* An ecological theory of motion sickness and postural instability // *Ecological Psychology*. 1991. V. 3. № 3. P. 195–240.
46. *Stanney K.M., Kingdon K.S., Graeber D., Kennedy R.S.* Human performance in immersive virtual environments: Effects of exposure duration, user control, and scene complexity // *Human Performance*. 2002. V. 15. № 4. P. 339–366.
47. *Treisman M.* Motion sickness, an evolutionary hypothesis // *Science*. 1997. V. 197. P. 493–495.
48. *Villard S.J., Flanagan M.B., Albanese G.M., Stoffregen T.A.* Postural instability and motion sickness in a virtual moving room // *Human factors*. 2008. V. 50. № 2. P. 332–345.

CYBERSICKNESS IN VIRTUAL REALITY: PHENOMENOLOGY AND MEASUREMENT⁵

O. V. Smyslova^{1,*}, A. E. Voiskounsky^{2,**}

¹UserLytics Corp., Foster City, California, USA.

²Psychology Department, Moscow Lomonosov State University;
125009, Mokhovaya str., 11, Moscow, Russia.

*PhD in psychology, user researcher.

E-mail: olga@smyslova.com

**PhD in psychology, leading researcher.

E-mail: vae-msu@mail.ru

Received 08.10.2018

Abstract. The article provides an overview of cybersickness, also known as a simulator sickness, or vection. Cybersickness oftentimes accompanies use of virtual or augmented reality systems. Motion sickness and cybersickness similarities as well as distinctions are discussed in the article. Cybersickness symptoms and theories, partly explaining these phenomena are collected and presented. Three theories of cyber sickness are discussed: the theory of sensory conflict, the theory of postural instability and the toxin (evolutionary) theory. The factors that presumably contribute to the emergence of cybersickness are analyzed: technical characteristics of virtual reality systems, the individual characteristics of users, and the task specifics, including multitasking situations. Methods of cybersickness severity evaluation and registering psycho-physiological parameters are discussed. The article describes promising interventions aimed at reducing the likelihood of the cybersickness onset. The article will be followed in the next coming issue of the Journal.

Keywords: virtual reality, immersion, simulator disorder, vection, motion sickness, cybersickness, metrics, psychophysiological parameters

REFERENCES

1. *Averbuh N.V.* Psihologicheskie aspekty fenomena prisutstvija v virtual'noj srede // *Voprosy psihologii*. 2010. № 5. P. 105–113. (in Russian)
2. *Averbuh N.V., Shherbinin A.A.* Fenomen prisutstvija i ego vlijanie na jeffektivnost' reshenija intellektual'nyh zadach v sredah virtual'noj real'nosti // *Psihologija. Zhurnal Vysšej shkoly jekonomiki*. 2011. V. 8. № 4. P. 102–119. (in Russian)
3. *Arhitektura virtual'nyh mirov* / Eds. M.B. Ignat'ev, A.V. Nikitin, A.E. Vojskunjij. St. Petersburg: Izd-vo GUAP, 2009. (in Russian)
4. *Vojskunjij A.E.* Psihologija i Internet. Moscow: Akropol', 2010. (in Russian)
5. *Vojskunjij A.E.* Konceptcii zavisimosti i prisutstvija primenitel'no k povedeniju v Internete // *Medicinskaja psihologija v Rossii*. 2015. № 4 (33). URL: http://mprj.ru/archiv_global/2015_4_33/nomer07.php (data obrashhenija: 30.07.2015). (in Russian)
6. *Vojskunjij A.E., Men'shikova G. Ja.* O primenenii sistem virtual'noj real'nosti v psihologii // *Vestnik Moskovskogo universiteta*. Serija 14. Psihologija. 2008. № 1. P. 22–36. (in Russian)
7. *Efremov S.B.* Tip kommunikacij mezhdru voditelem i avtomobilem, osnovannyj na dopolnennoj real'nosti: novyj trend v postroenii intellektual'nyh transportnyh sistem // *Sovremennaja zarubezhnaja psihologija*. 2017. V. 6. № 1. P. 6–14. (in Russian)
8. *Zinchenko Ju.P.* Psihologija virtual'noj real'nosti. Moscow: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 2011. (in Russian)
9. *Zinchenko Ju.P., Men'shikova G. Ja., Bajakovskij Ju.M., Chernorizov A.M., Vojskunjij A.E.* Tehnologii virtual'noj real'nosti: metodologicheskie aspekty, dostizhenija i perspektivy // *Nacional'nyj psihologicheskij zhurnal*. 2010. № 2 (4). P. 64–71. (in Russian)
10. *Kovalev A.I., Klimova O.A.* Diagnostika ustojchivosti vestibuljarnoj funkcii sportsmenov s primeneniem tehnologii virtual'noj real'nosti // *Sportivnyj psiholog*. 2017. V. 46. № 3. P. 4–9. (in Russian)
11. *Kovalev A.I., Men'shikova G. Ja., Klimova O.A., Baraban-shhikova V.V.* Soderzhanie professional'noj dejatel'nosti kak faktor uspešnosti primenenija tehnologij virtual'noj real'nosti // *Jeksperimental'naja psihologija*. 2015. V. 8. № 2. P. 45–59. (in Russian)
12. *Fedotov I.A., Kukushkin S.V., Dorovskaja V.A., Antoshkin Ja.A.* i-Disorders — novye vidy psihicheskikh

⁵ The study was supported by the Russian Science Foundation, project № 18-18-00365, “Digital socialization in the cultural-historical perspective: intragenerational and intergenerational analysis”, Moscow Lomonosov State University.

- rasstrojstv, svjazannye s ispol'zovaniem sovremennyh informacionnyh tehnologij // Omskij psichiatricheskij zhurnal. 2015. № 4 (6). P. 16–19. (in Russian)
13. *Hant S.R.* Inzhenernaja psihologija v kosmonavtike // Chelovecheskij faktor. V. 2. Jergonomicheskie osnovy proektirovanija proizvodstvennoj sredy / Ed. G. Salvendi. Moscow: Mir, 1991. P. 155–178. (in Russian)
 14. *Ames S.L., Wolffsohn J.S., McBrien N.A.* The development of a symptom questionnaire for assessing virtual reality viewing using a head-mounted display // *Optometry & Vision Science*. 2005. V. 82. № 3. P. 168–176.
 15. *Balk S.A., Bertola M.A., Inman V.W.* Simulator Sickness Questionnaire: Twenty Years Later // *Proceedings of the Seventh International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design* (June 17–20, 2013, Bolton Landing, New York). Iowa City, IA: Public Policy Center, University of Iowa, 2013. P. 257–263.
 16. *Bhandri J., MacNeilage P., Folmer E.* Teleoperation without spatial disorientation using optical flow cues // *Graphics Interface Conference* (Toronto, 8–11 May 2018). 2018. graphicsinterface.org/wp-content/uploads/gi2018-22.pdf
 17. *Biernacki M.P., Kennedy R.S., Dziuda Ł.* Simulator sickness and its measurement with Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) // *Medycyna Pracy*. 2016. V. 67. № 4. P. 545–555.
 18. *Bouchard S., Robillard G., Renaud P., Bernier F.* Exploring new dimensions in the assessment of virtual reality induced side effects // *Journal of computer and information technology*. 2011. V. 1. № 3. P. 20–32.
 19. *Bruck S., Watters P.* The factor structure of cybersickness // *Displays*. 2011. V. 32. № 4. P. 153–158.
 20. *Busscher B., de Vliegheer D., Ling Y., Brinkman W.P.* Physiological measures and self-report to evaluate neutral virtual reality worlds // *Journal of CyberTherapy and Rehabilitation*. 2011. V. 4. № 1. P. 15–25.
 21. *Davis S., Nesbitt K., Nalivaiko E.* Comparing the onset of cybersickness using the Oculus Rift and two virtual roller coasters // *Proceedings of the 11th Australasian Conference on Interactive Entertainment* (27–30 January 2015), Sydney, Australia. 2015. P. 3–14.
 22. *Dennison M.S., Wisti A.Z., D'Zmura M.* Use of physiological signals to predict cybersickness // *Displays*. 2016. V. 44. P. 42–52.
 23. *Dong X., Yoshida K., Stoffregen T.A.* Control of a virtual ambulation influences body movement and motion sickness // *Journal of Experimental Psychology: Applied*. 2011. V. 17. № 2. P. 128–38.
 24. *Egan D., Brennan S., Barrett J., Qiao Y., Timmerer C., Murray N.* An evaluation of Heart Rate and Electrodermal Activity as an Objective QoE Evaluation method for Immersive Virtual Reality Environments // *2016 Eighth International Conference on Quality of Multimedia Experience* (6–8 June 2016, Lisbon, Portugal). 2016.
 25. *Golding J.F.* Motion sickness susceptibility // *Autonomic Neuroscience*. 2006. V. 129. Is. 1–2. P. 67–76.
 26. *Hettinger L.J., Berbaum K.S., Kennedy R.S., Dunlap W.R., Nolan M.D.* Vection and simulator sickness // *Military Psychology*. 1990. V. 2. № 3. P. 171–181.
 27. *Hildebrandt J., Schmitz P., Valdez A.C., Kobbelt L., Ziefle M.* Get Well Soon! Human Factors' Influence on Cybersickness After Redirected Walking Exposure in Virtual Reality // *Virtual, Augmented and Mixed Reality: Interaction, Navigation, Visualization, Embodiment, and Simulation*. 10th Internat. Conference (July 15–20 2018, Las Vegas, USA) Proceedings, Part 1. Lecture Notes in Computer Science, Issue 10909 / Eds. J.Y.C. Chen and G. Fragomeni. Springer Publ., 2018. P. 82–101.
 28. *Kellogg R., Kennedy R., Graybiel A.* Motion sickness symptomatology of labyrinthine defective and normal subjects during zero gravity maneuvers // *Aerospace Medicine*. 1965. V. 36. № 4. P. 315–318.
 29. *Kennedy R.S., Lane N.E., Berbaum K.S., Lilienthal M.G.* Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness // *The International Journal of Aviation Psychology*. 1993. V. 3. № 3. P. 203–220.
 30. *Keshavarz B., Hecht H.* Validating an efficient method to quantify motion sickness // *Human factors*. 2011. V. 53. № 4. P. 415–426.
 31. *Kim H.G., Baddar W.J., Lim H-T., Jeong H., Ro Y.M.* Measurement of exceptional motion in VR video contents for VR sickness assessment using deep convolutional autoencoder // *Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology* (November 8–10, 2017, Gothenburg, Sweden). 2017.
 32. *Kim H.K., Park J., Choi Y., Choe M.* Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): Motion sickness measurement index in a virtual reality environment // *Applied Ergonomics*. 2018. V. 69. P. 66–73.
 33. *Kim Y.Y., Kim H.J., Kim E.N., Ko H.D., Kim H.T.* Characteristic changes in the physiological components of cybersickness // *Psychophysiology*. 2005. V. 42. № 5. P. 616–625.
 34. *Kiryu T., So R.H.* Sensation of presence and cybersickness in applications of virtual reality for advanced rehabilitation // *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2007. V. 4. № 34.
 35. *Liu Ch.-L.* A study of detecting and combating cybersickness with fuzzy control for the elderly within 3D virtual stores // *International Journal of Human-Computer Studies*. 2014. V. 72. Iss. 12. P. 796–804.
 36. *Menshikova G.Y., Kovalev A.I., Klimova O.A., Barabanschikova V.V.* The application of virtual reality technology to testing resistance to motion sickness // *Psychology in Russia: State of the Art*. 2017. V. 10. № 3. P. 151–164.
 37. *Money K.E., Lackner J.R., Cheung R.S.K.* The autonomic nervous system and motion sickness // *Vestibular*

- Autonomic Regulation / Eds. Yates B.J., Miller A.D. Boca Raton, FL: CRC Press, 1996. P. 147–173.
38. *Mousavi M., Hwa Jen Y., Musa S.N.B.* A Review on Cybersickness and Usability in Virtual Environments // *Advanced Engineering Forum*. 2013. V. 10. P. 34–39.
 39. *Nalivaiko E., Davis S., Blackmore K.L., Vakulin A., Nesbitt K.V.* Cybersickness provoked by head-mounted display affects cutaneous vascular tone, heart rate and reaction time // *Physiology and Behavior*. 2015. V. 151. P. 583–590.
 40. *Ohyama S., Nishiike S., Watanabe H., Matsuoka K., Aki-zuki H., Takeda N. et al.* Autonomic responses during motion sickness induced by virtual reality // *Auris Nasus Larynx*. 2007. V. 34. № 3. P. 303–306.
 41. *Pedro A., Le Q.T., Park C.S.* Framework for integrating safety into construction methods education through interactive virtual reality // *Journal of Professional Issues of Engineering Education and Practice*. 2016. V. 142. № 2. Iss. 2. P. 04015011.
 42. *Porcino T., Clua E., Trevisan D., Vasconcelos C., Valente L.* Minimizing cyber sickness in head mounted display systems: Design guidelines and applications // *IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH, 2017)*. 2017. P. 1–11.
 43. *Reason J.T.* Motion sickness adaptation: a neural mismatch model // *Journal of the Royal Society of Medicine*. 1978. V. 71. № 11. P. 819–829.
 44. *Rebenitsch L., Owen C.* Review on cybersickness in applications and visual displays // *Virtual Reality*. 2016. V. 20. № 2. P. 101–125.
 45. *Riccio G.E., Stoffregen T.A.* An ecological theory of motion sickness and postural instability // *Ecological Psychology*. 1991. V. 3. № 3. P. 195–240.
 46. *Stanney K.M., Kingdon K.S., Graeber D., Kennedy R.S.* Human performance in immersive virtual environments: Effects of exposure duration, user control, and scene complexity // *Human Performance*. 2002. V. 15. № 4. P. 339–366.
 47. *Treisman M.* Motion sickness, an evolutionary hypothesis // *Science*. 1997. V. 197. P. 493–495.
 48. *Villard S.J., Flanagan M.B., Albanese G.M., Stoffregen T.A.* Postural instability and motion sickness in a virtual moving room // *Human factors*. 2008. V. 50. № 2. P. 332–345.