РАЗДЕЛ 4. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И ИННОВАЦИИ

Научная статья

https://doi.org/10.54220/v.rsue.1991-0533.2025.92.4.017
УДК 339.138:159.9:502/504

ЭФФЕКТ «НЕЙРОМАРКЕТИНГОВОГО ВЫГОРАНИЯ» И ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОВЕДЕНИЯ

***Лукина А. В.*[1]*, *Бондаренко В. А.*[1],**
***Нога В. И.*[1], *Луценко А. Е.*[1]**
[1] *Российский университет дружбы народов*
имени Патриса Лумумбы,
Москва, Россия
** lukina_anvl@pfur.ru*

Аннотация. *Введение.* В настоящее время актуализированным представляется формирование экологически ориентированного поведения у потребителей, поскольку следование устойчивому развитию является желательной доминантой в социуме, и для подобных изменений необходим соответствующий потребительский запрос. Нейромаркетинг целесообразно использовать для вовлечения потребителей в экологически ориентированное поведение, однако данный инструментарий имеет ограничения и возможные недостатки, на которых мы концентрируемся. *Материалы и методы.* В статье осуществлена опора на аналитическое рассмотрение мнений специалистов, исследующих особенности нейромаркетинговых инструментов. Мы основываемся на классических теориях когнитивных ресурсов (модель Системы 1 / Системы 2 Канемана) [21], теории информационной перегрузки [17], нейронной адаптации (подавление при повторении) [12], а также моделях истощения самоконтроля [11], рассматриваем эмпирические доказательства ограниченности ресурсов как на поведенческом, так и на нейрофизиологическом уровнях. *Результаты исследования.* В данной статье вводится понятие «нейромаркетингового выгорания», определяемое как снижение эффективности бессознательных маркетинговых стимулов (например, подсознательное праймирование, фрейминг) при их повторяющемся или непрерывном применении. Несмотря на то что нейромаркетинг использует скрытые когнитивные механизмы для влияния на принятие решений, ограниченные возможности человеческого мозга по обработке бессознательных стимулов неизбежно приводят к привыканию, перегрузке информацией и усталости от принятия решений. *Обсуждение и заключение.* В статье обосновывается индекс емкости бессознательных стимулов (Unconscious Stimulus Capacity Index, USCI) – количественный показатель, позволяющий определить «золотую середину» стимулов; описывается экспериментальная парадигма для оценки порога, после которого добавление бессознательных сигналов перестает оказывать влияние на внимание, эмоции и выбор. Следует учитывать значение данного показателя при использовании нейромаркетинговых стимулов в формировании экологически ориентированного поведения у потребителей.

Ключевые слова: нейромаркетинговое выгорание, экологически ориентированное поведение, инструменты нейромаркетинга, индекс емкости бессознательных импульсов.

Для цитирования: Лукина А. В., Бондаренко В. А., Нога В. И., Луценко А. Е. Эффект «нейромаркетингового выгорания» и возможности формирования экологически ориентированного поведения. *Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ).* 2025;4(32):196-209. DOI: 10.54220/v.rsue.1991-0533.2025.92.4.017.

Research article

JEL M31 M37 Q57 D91 Z13

THE EFFECT OF «NEUROMARKETING BURSTING» AND THE OPPORTUNITIES FOR FORMING ENVIRONMENTALLY-ORIENTED BEHAVIOR

***Lukina A.*[1]*, *Bondarenko V.*[1],**
***Noga V.*[1], *Lutsenko A.*[1]**
[1] *RUDN University,*
Moscow, Russia
** lukina_anvl@pfur.ru*

Abstract. *Introduction.* Currently, the formation of environmentally-oriented behavior in consumers appears to be actualized, since following sustainable development is a desirable dominant in society, and for such changes, an appropriate consumer request is necessary. It is advisable to use neuromarketing to involve consumers in environmentally-oriented behavior, however, this toolkit has limitations and possible disadvantages, on which we concentrate. *Materials and methods.* The article relies on an analytical review of the opinions of experts who study the features of neuromarketing tools. We base ourselves on classical theories of cognitive resources (Kahneman's System 1 / System 2 model) [21], information overload theory [17], neural adaptation (repression by repetition) [12], as well as models of self-control depletion [11], and consider empirical evidence of limited resources at both behavioral and neurophysiological levels. *Research results.* This article introduces the concept of «neuromarketing burnout», which is defined as a decrease in the effectiveness of unconscious marketing stimuli (such as subconscious priming and framing) when they are repeatedly or continuously applied. Despite the fact that neuromarketing uses hidden cognitive mechanisms to influence decision-making, the limited capacity of the human brain to process unconscious stimuli inevitably leads to habituation, information overload, and decision fatigue. *Discussion and conclusion.* The article substantiates the Unconscious Stimulus Capacity Index (USCI), a quantitative measure that allows us to determine the «sweet spot» of stimuli, and describes an experimental paradigm for assessing the threshold beyond which the addition of unconscious signals no longer affects attention, emotions, and choices. This measure should be taken into account when using neuromarketing stimuli to promote environmentally conscious behavior among consumers.

Keywords: neuromarketing burnout, environmentally oriented behavior, neuromarketing tools, unconscious impulse capacity index.

For citation: Lukina A., Bondarenko V., Noga V., Lutsenko A. The Effect of «Neuromarketing Bursting» and the Opportunities for Forming Environmentally-Oriented Behavior. *Vestnik of Rostov State University of Economics (RINH)*. 2025;4(32):196-209. DOI: 10.54220/v.rsue.1991-0533.2025.92.4.017.

Введение

Значение экологически ориентированного поведения для социума отмечается различными исследователями, равно как и сложности его формирования [2, 6]. В свою очередь, мировые расходы на рекламу в 2024 г. превысили 630 млрд долл., из которых более 158 млрд пришлось только на телевидение [35]. В условиях гиперконкуренции и медиаперенасыщения востребованными для продвижения, в том числе желательных в социуме ценностных установок, становятся инструменты нейромаркетинга, к которым прибегают маркетологи – такие как fMRI, ЭЭГ, отслеживание движения глаз –

чтобы изучить подсознательные процессы потребителей. Эти методы показали, как кратковременные стимулы, не осознаваемые человеком, могут влиять на внимание, эмоции и память через дорсолатеральную префронтальную кору (dlPFC), переднюю поясную кору (ACC), амигдалу и гиппокамп, тем самым незаметно смещая выбор в сторону нужного продукта.

Однако ежедневное воздействие сотен рекламных сообщений через разные каналы [9] порождает парадокс: чем больше бессознательных стимулов мы используем, тем быстрее мозг адаптируется, снижая отдачу. К примеру, классическая модель двойной обработки Канемана (Система 1 / Система 2) [21] описывает быстрые автоматические пути принятия решений, но не учитывает долгосрочные ограничения на бессознательную обработку. Теория информационной перегрузки, напротив, предполагает обратную U-образную зависимость между объемом стимулов и эффективностью: продуктивность растет до определенного предела, после чего избыточный ввод перегружает ограниченные ресурсы и вызывает эмоциональную дестабилизацию: стресс, фрустрацию, рост восприятия риска, что приводит к снижению эффективности использования информации [14] (рис. 1).

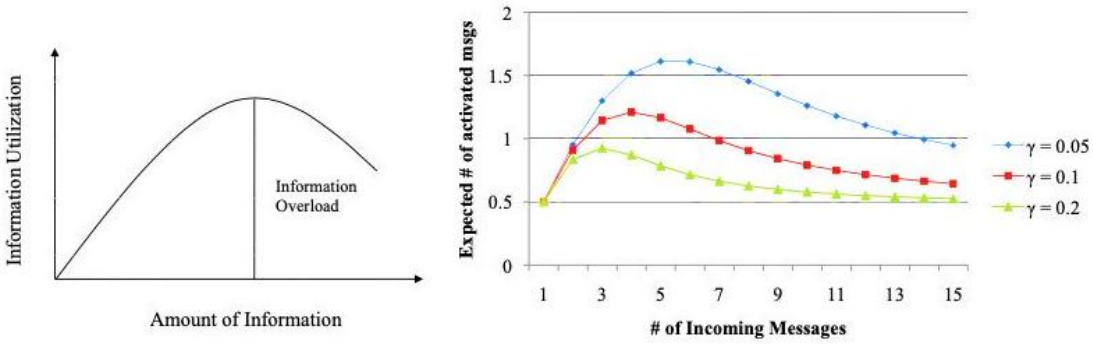


Рисунок 1 – **Инверсная U-образная зависимость между объемом подсознательных стимулов и эффективностью использования информации** [14]
Figure 1 – **Inverse U-shaped relationship between the volume of subconscious stimuli and the effectiveness of information use** [14]

Отраженные в открытой печати полевые данные подтверждают: с ростом количества атрибутов продукта или особенностей рекламы ощущение перегрузки сильно коррелирует со стрессом (r = 0,939), фрустрацией (r = 0,943) и восприятием риска (r = 0,938), при этом качество решений снижается [8].

В данной статье:

(1) систематизируется литература по нейронной адаптации и усталости от принятия решений;

(2) объединяются эти явления с моделями информационной перегрузки для описания пределов бессознательного маркетинга;

(3) предлагается показатель и эмпирическая методика для определения «емкости имплицитных стимулов» мозга.

Материалы и методы

В статье осуществлена опора на аналитическое рассмотрение мнений специалистов, исследующих особенности нейромаркетинговых инструментов. Мы основываемся на классических теориях когнитивных ресурсов (модель Системы 1 / Системы 2 Канемана) [21], теории информационной перегрузки [17], нейронной адаптации (подавление при повторении) [12], а также моделях истощения самоконтроля [11], рассматриваем эмпирические доказательства ограниченности ресурсов как на поведенческом, так и на нейрофизиологическом уровнях.

Обзор литературы

Реклама эволюционировала от массовых медиа к высоко таргетированным кампаниям, основанным на данных

нейронауки. Так, Ф. Котлер и К. Келлер определяют рекламу как платную коммуникацию с целью информирования или убеждения [23], что было актуально и для стимулирования экологически ориентированного поведения. С конца XX в. компании начали использовать fMRI и ЭЭГ для изучения процессов принятия решений у потребителей, обнаружив, что большинство из них происходит на подсознательном уровне [26]. Исследования в области нейромаркетинга сосредоточены на неосознанных эффектах, к примеру, внимание, эмоции, память и выбор, что позволяет рекламодателям измерять нейронную вовлеченность и оптимизировать сообщения.

Человеческие чувства передают около 11 миллионов бит в секунду, однако только около 50 бит/секунд обрабатываются сознательно [27]. Существует две системы внимания, которые оказывают управляющее воздействие.

1. Нисходящее внимание (Bottom-up saliency) – быстрый, непроизвольный захват внимания характеристиками стимулов, направляется через таламус в первичную зрительную кору.

2. Восходящий контроль (Top-down control) – целенаправленная модуляция внимания из dlPFC и теменной коры, выделение значимой информации и подавление отвлекающей.

Передняя поясная кора (ACC) и островковая кора выступают узлами координации, регулирующими конкуренцию между значимостью и целями для подготовки информации к осознанию. В рекламе яркие и движущиеся стимулы эффективно привлекают внимание, но при чрезмерном использовании вызывают насыщение. В результате даже контрастные элементы игнорируются, возникает «баннерная слепота». Это первая граница «выгорания нейромаркетинга»: при частом повторении фильтры восприятия начинают гасить даже сильные сигналы.

Информационная перегрузка возникает, когда объем стимула превышает возможности обработки [17]. Возвратимся к инверсной U-образной кривой: умеренное количество информации улучшает качество решений, но после критической точки ее избыток вызывает эмоциональные нарушения и когнитивный спад.

Нейронная адаптация проявляется на нескольких уровнях.

1. Адаптация нейронов: подавление повторения через кальций-зависимые токи увеличивает порог возбуждения, фильтруя повторяющиеся стимулы [12].

При длительной стимуляции внутри нейрона накапливается Ca^{2+}, который открывает кальций-зависимые калиевые каналы (BK, SK). Это вызывает выход ионов K^+ и значительную послеоптическую гиперполяризацию, повышающую порог возбуждения и подавляющую повторные спайки. Таким образом Ca^{2+}-зависимые токи (например, Ca^{2+}-активируемые K^+-каналы) реализуют спайк-адаптацию: нейроны постепенно «выключаются» для постоянно повторяющихся сигналов, что соответствует фильтрации повторяющейся рекламы.

2. Сетевые механизмы: латеральное и пресинаптическое торможение дополнительно уменьшает реакцию на повторные стимулы, повышая чувствительность к новизне. Латеральное торможение означает, что возбужденный нейрон через тормозные интернейроны подавляет соседние нейроны, повышая контраст восприятия [25] и усиливая внимательную реакцию на уникальные стимулы. Пресинаптическое торможение реализуется через аксо-аксональные синапсы: тормозной нейрон действует на окончание возбуждающего нейрона, снижая высвобождение медиатора [30]. Это похоже на отрицательную обратную связь в потоке информации, позволяющую выборочно ослаблять отдельные входы (например, повторяющиеся рекламные ролики) без влияния на другие пути [30]. В контексте нейромаркетинга такие механизмы означают, что активное представление одного сигнала может подавлять восприятие повторяющихся или менее заметных, фокусируя ресурсы мозга на новых впечатлениях.

3. Высокоуровневые цепи: в префронтальной и теменной коре адаптивное кодирование позволяет нейронам MD-сеть менять настройку под текущие задачи, но при перегрузке они могут переходить к повторному использованию старых шаблонов [7, 16, 36]. MD-сеть (Multiple-Demand-network) представляет собой доминантную фронтально-теменную сеть когнитивного контроля, включающую латеральную префронтальную кору, переднюю островковую извилину, переднюю поясную кору и интрапаретальную область. Она активируется при выполнении сложных или новых задач и участвует в гибком перекодировании информации. Иначе говоря, в условиях высокой когнитивной нагрузки гибкая «перенастройка» MD-сети ослабляется, что может привести к повторному использованию упрощенных стратегий восприятия знакомых стимулов. В контексте нейромаркетинга повторные подсознательные стимулы (праймы, фрейминг) сначала эффективно активируют нейросети, но при длительном воздействии адаптация и торможение снижают активацию, то есть нейронные маркеры (например, P300, BOLD-ответы) ослабевают, в результате поведенческий эффект снижается.

Сигнал P300 – это характерный положительный компонент потенциалов мозга (ERP), возникающий примерно через 300 м/с после важного или неожиданного стимула. В теории «обновления контекста» (context-updating hypothesis) P300 отражает процесс корректировки внутренней модели при появлении нового сигнала. При повторении одного и того же стимула амплитуда P300 постепенно уменьшается (происходит его «гашение»), что свидетельствует о снижении ориентационного ответа. В нашем исследовании это означает, что подсознательные рекламные праймы, повторяясь, вызывают все более слабый P300, то есть мозг реагирует на них все менее активно.

BOLD-сигнал (Blood-Oxygen-Level Dependent) – это ФМРТ-отклик, отражающий изменение кровотока и насыщения крови кислородом, связанное с нейронной активностью. При неоднократном предъявлении одного и того же стимула наблюдается «репетиционное подавление»: амплитуда BOLD-ответа на повторный стимул оказывается уменьшенной по сравнению с первым. Таким образом, в нейровизуализации повторные рекламные стимулы будут вызывать все слабый BOLD-отклик, что коррелирует с адаптацией нейронных представлений. На уровне зрительной и префронтальной иерархий адаптация усиливает чувствительность к новизне, но ослабляет реакцию на знакомые стимулы, что означает снижение эффективности повторяющихся неосознанных сигналов.

Каждый подсознательный стимул, пусть даже незаметный, запускает микрорешения в MD-сеть – оценка значимости, контекст, ожидания. Модель самоконтроля Баумайстера предполагает общий и конечный ресурс самоконтроля, который истощается с каждым решением, сознательным или нет [11]. Поведенческие данные показывают, что после серии решений (иногда всего 50-100) люди демонстрируют:

– прокрастинацию и избегание задач [28, 34];

– склонность к выбору по умолчанию или самых простых опций [10, 31];

– повышенное использование эмоциональных суждений, что может привести к неэффективным решениям [29].

Таким образом, усталость от принятия решений выступает как динамический медиатор: начальные стимулы усиливают склонности, но по мере нарастания когнитивной нагрузки эффективность последующих стимулов снижается и может даже обернуться во вред.

Традиционные fMRI-испытания, основанные на ROI (region of interest, областях интереса), имеют ограничения обратного вывода, опираясь на силу активации в заранее определенных регионах. Анализ многовоксельных паттернов (MVPA) предлагает альтернативный подход, обнаруживая пространственно распределенные

представления без предварительных гипотез [19, 22].

MVPA показывает надежное декодирование простых стимулов, границ повествования и навигационных решений. Однако по мере увеличения сложности стимулов и перегрузки чувствительность MVPA также может снижаться из-за уменьшения различимости паттернов на фоне адаптации.

Таким образом, хотя MVPA изначально может фиксировать тонкие бессознательные эффекты, его эффективность также уменьшается по мере привыкания нейронных представлений.

Концептуальная модель выгорания в нейромаркетинге

Объединяя эти положения, предлагаем модель каскадных ограничений.

1. Сенсорное «бутылочное горлышко» – ограничивает поток входящих данных через фильтры значимости.

2. Нейронная адаптация – ослабляет повторяющиеся сигналы на всех уровнях обработки.

3. Усталость от принятия решений – истощает оставшиеся ресурсы обработки в MD-сети.

4. Ригидность представлений – возникает при исчерпании адаптивного кодирования, делая реакции фиксированными и нечувствительными к новой стимуляции.

При умеренной нагрузке бессознательных стимулов эта каскадная система приводит к положительным эффектам: усиленное внимание, эмоциональный отклик и запоминание. Однако при превышении порога каждый этап начинает вносить вклад в убывающую отдачу; это проявляется в виде снижения нейронных маркеров (P300/BOLD в префронтальной коре), увеличения времени реакции, ослабления поведенческих сдвигов и усиленного субъективного чувства перегрузки.



Рисунок 2 – **Модель каскадных ограничений нейромаркетингового выгорания: от сенсорных фильтров через нейронную адаптацию и усталость от решений к ригидности представлений**

Figure 2 – **Model of cascading constraints of neuromarketing burnout: from sensory filters through neural adaptation and decision fatigue to rigidity of representations**

Модель когнитивной нагрузки: поведенческие и нейронные показатели

Когнитивная нагрузка часто оценивается по совокупности поведенческих и нейронных метрик. Например, при усложнении задач среднее время реакции (*RT*) растет [32], а амплитуда пикового потенциала P300 (или других ERP-компонент) уменьшается. Введем поведенческую метрику *B*(*S*), к которой могут относиться время реакции (*RT*), доля ошибок или выборочный отклик при стимуле *S*; также введем нейронную метрику *N*(*S*), к ней будут относиться амплитуда/латентность P300, спектральная мощность EEG в определенных диапазонах, BOLD-сигнал в префронтальных областях и т. д.

Таким образом, *B*(*S*) и *N*(*S*) являются экспериментально измеряемыми функциями: *B*(*S*) – метрикой поведения (время реакции, % ошибок и т. п.), *N*(*S*) – нейрофизиологическим маркером (амплитуда/латентность ERP, величина BOLD). На практике их значения нормируют (см. ниже) и подставляют в формулу *M*(*S*). Но эти величины имеют разные единицы и масштабы, поэтому при разработке модели их нужно привести к сопоставимому виду (например, в безразмерные коэффициенты), для этого введем коэффициенты ω_B и ω_N.

Для объединения метрик разных типов также будет удобно нормировать *B*(*S*) и *N*(*S*), чтобы они были безразмерны. Частый подход – перевод в *Z*-оценки (вычитание среднего и деление на стандартное отклонение) или масштабирование по диапазону [0, 1] [15]. Например, можно ввести

$$B'(S) = \frac{B(S) - Bmin}{Bmax - Bmin};\ N'(S) = \frac{N(S) - Nmin}{Bmax - Bmin}$$

либо привести к *Z*-значениям относительно заданного базового состояния. Тогда веса ω_B и ω_N (непрерывные безразмерные коэффициенты) отражают относительную значимость поведенческих и нейронных составляющих. Обычно накладывают условие $\omega_B+\omega_N=1$, чтобы *M*(*S*) оставался в одном масштабе. Вес $\omega_B= 0.7$, например, будет означать, что на поведенческую метрику приходится 70 % веса суммарной оценки. При калибровке модели можно подбирать веса регрессией по эталонному показателю нагрузки (например, субъективной шкале) или выбирать их так, чтобы *M*(*S*) давала максимальную предсказательную силу. При этом важно помнить, что если *B* и *N* сильно коррелированы (отражают один и тот же аспект нагрузки), линейное сложение может давать небольшой выигрыш [20].

Если параметр *S* непрерывен (например, сложность задачи), то можно описать *B*(*S*) и *N*(*S*) как гладкие функции. Например, реакция (*RT*) часто растет при увеличении нагрузки, но с затуханием будет наблюдаться снижение наклона [32]. Такой рост можно моделировать как насыщающий (экспоненциальный или логистический) или почти линейный.

Рассмотрим варианты.

Логистическая кривая: например, $B(S) = \frac{Bmax}{1+\exp\left[k_B(S-S_0)\right]}$, где при малых *S* ответ почти минимальный, а при больших приближается к B_{max}.

Насыщение (Майкласа-Ментен): можно брать $B(S) = \alpha(1 - e^{-bS})$, что дает экспоненциальный рост с плато.

Гауссиана (инвертированный *U*): в некоторых теориях оптимальной работы рассматривают «инвертированную *U*»-зависимость (пиковая нагрузка при среднем *S*, снижение при очень большом *S*). Для метрик можно рассматривать $B(S) = Aexp\frac{-(S-\mu)^2}{2\sigma^2}$. Например, при слишком высокой нагрузке эффективность задач может падать, что напоминает инвертированный *U* (закон Йеркса-Додсона). Пиковый ERP (P300) обычно убывает с ростом сложности (монотонно или почти линейно), а BOLD-сигналы в префронтальной коре, наоборот, растут с нагрузкой. В экспериментальной практике же, предположительно, измерения *B*(*S*), *N*(*S*) часто будут получать для дискретных условий *S*; в этом случае функции можно строить по точкам и при необходимости

аппроксимировать их кривыми вышеуказанного вида.

Наиболее простой способ объединить нормированные метрики – линейно, как взвешенную сумму полезностей. Формально можно положить как

$$M(S) = \omega_B * U_B\big(B(S)\big) + \omega_N * U_N(N(S)),$$

где U_B и U_N – нормализующие функции (например, тождественные или логистические). При поступательном росте нагрузки разумно брать $U_B(B) = B'$ и $U_N(N) = N'$, тогда

$$M(S) = \lambda B'(S) + (1+\lambda)N'(S), 0 \le \lambda \le 1,$$

где $\lambda = \omega_B$, $1 - \lambda = \omega_N$.

Такой подход аналогичен простейшей SAW-модели (Simple Additive Weighting) в мультикритериальном анализе. Взвешенное сложение дает агрегированную «полезность» нагрузочного уровня *S*. При необходимости можно применять и более сложные агрегаты (например, произведение показателей или нелинейные комбинации), однако линейная взвешенная сумма обеспечивает интуитивность и простоту валидации.

Важно отметить, что подобная модель допускает интерпретацию весов: например, $\lambda = 0{,}5$ означает, что поведение и нейронные сигналы вносят равный вклад. Кроме того, при нормализации (например, через *Z*-оценки [15]) веса становятся безразмерными и перестают «гонять» шкалы. В литературе по нейроэргономике используют похожую идею: «эффективность» вычисляют, комбинируя поведенческий результат и активацию префронтальной коры [15]. Хотя Хогерворст (Hogervorst) и коллеги показали, что в задачи распознавания нагрузки одномодальное (EEG) решение могло быть почти столь же эффективно [20].

Гибридная модель позволяет учитывать разные аспекты нагрузки. Важно эмпирически проверить выбранные веса в конкретной задаче (поведенческой + ЭЭГ/fMRI) методом перекрестной проверки или дополнительным замером субъективной нагрузки.

После вычисления *M*(*S*) для каждого стимульного условия *S* можно выбирать оптимальный индекс нагрузки как

$$S_i = \underset{S}{\operatorname{argmax}}(M(S)).$$

На практике при дискретном наборе испытаний корректно будет брать тот *S*, при котором получено максимальное значение *M*. Чтобы результат был стабильным, можно взять среднее по нескольким повторениям и, при необходимости, аппроксимировать *M*(*S*) плавной функцией (например, логистической или гауссовой), чтобы точно определить максимум между экспериментальными точками. Если *M*(*S*) по построению выпукла или имеет единственный пик, задача выбора S_i тривиальна; если же форма сложнее, можно оценивать доверительные интервалы для argmax. В любом случае линейная комбинация нормированных метрик упрощает сравнение разных условий.

Окончательная формула для протокола

Целесообразно представить когнитивную нагрузку в виде нормализованной взвешенной суммы. Мы предлагаем:

$$M(S) = \frac{\omega_B * (B(S) - Bmin)}{Bmax - Bmin} + \frac{\omega_N * (N(S) - Nmin)}{Nmax - Nmin}$$

Здесь:

B(*S*) – поведенческая метрика при стимуле *S* (например, время реакции или точность);

N(*S*) – нейрофизиологическая метрика при стимуле (например, амплитуда ERP или уровень BOLD-сигнала);

Bmin, Bmax – минимальное и максимальное значение поведенческой метрики (в выборке или индивидуально);

*N*min, *N*max – то же для нейрометрики;

$\omega_B, \omega_N \in [0,1]$ – веса (при этом часто $\omega_B + \omega_N = 1$).

Либо проще при $\omega_B + \omega_N = 1$:

$$M(S) = \omega_B B'(S) + \omega_N N'(S),$$

где $B'(S), N'(S)$ – безразмерные (например, отформированные) метрики нагрузки при условии *S*. Конкретные $B'(S)$ и $N'(S)$ могут быть линейными

преобразованиями (см. выше) или другими функциями (логистическими/насыщающими) по необходимости. Такая формула легко включается в протокол эксперимента: для каждого участника и стимула S измеряют B и N, нормируют их, вычисляют M и находят $S_i = \underset{S}{\operatorname{argmax}}(M(S))$. Подобная модель оставляет место для эмпирической валидации: при заданном наборе ω_B, ω_N и форм $B'(S), N'(S)$ можно проверить, насколько предсказуемыми оказываются поведение или внимание и при необходимости уточнить веса или вид функций.

Модель индекса емкости бессознательных стимулов (USCI)

На основе модели инвертированной *U*-кривой (закон Йеркеса-Додсона) [18] и каскадных ограничений мы вводим индекс емкости бессознательных стимулов (USCI). USCI – это такая интенсивность стимулов S_i, при которой дальнейшее наращивание нагрузки перестает усиливать поведенческий и нейронный отклик и начинает их снижать.

Для количественной оценки эффективности бессознательной стимуляции вводится агрегированная метрика *M*(*S*), зависящая от интенсивности стимулов *S*. Предлагаемая модель имеет линейно-комбинированную форму с поправкой на перегрузку:

$$M(S) = \omega_B B'(S) + \omega_N N'(S) - \lambda A(S),$$

Штрафная функция *A*(*S*) вводится для учета эффектов перенасыщения (адаптации) при больших интенсивностях. Мы определяем *A*(*S*) сигмоидой (логистической функцией) вида:

$$A(S) = \frac{1}{1 + \exp\left[-\theta(S - \delta)\right]}$$

Для моделирования штрафного эффекта перегрузки бессознательными стимулами мы рассматривали несколько типов функций *A*(*S*). Мы считаем важным также рассмотреть отвергнутые варианты, прокомментированы ниже.

Экспоненциальная функция

Такая модель (например, $A(S) = A_0 * \exp(\theta \cdot S)$ или $A(S) = A_0 * (1 - \exp(-\theta \cdot S))$ отражает классический эффект нейронной адаптации при повторном стимуле – ответ нейрона обычно экспоненциально затухает со временем/числом стимулов [1]. Однако неограниченный рост экспоненты без верхнего предела может быть нереалистичен для когнитивной системы (штраф становится бесконечно большим при большом *S*). Модель экспоненты очень чувствительна к параметру θ: небольшое изменение θ дает резкую разницу в величине штрафа при больших *S* (низкая устойчивость). Эмпирических подтверждений именно чисто экспоненциального штрафа мало – в психофизиологии чаще наблюдают затухающую экспоненциальную динамику (например, при адаптации), но не безграничный взрыв *A*(*S*) [1]. Кроме того, линейный рост памяти/нагрузки часто считают конечным (есть «потолок») [33], что плохо отражает безграничная экспонента.

Квадратичная зависимость

Модель вида $A(S) = aS^2$ резко штрафует большие *S* и может описывать рост негативного влияния. Теоретически квадратика не связана напрямую с нейронной адаптацией или феноменами когнитивной усталости – это скорее чисто эмпирический «штраф» за возросшую нагрузку. Она также очень неустойчива к параметрам: двойной рост *S* дает четырехкратный рост штрафа (очень крутой спад *M*(*S*)). В литературе нет прямых данных о квадратичной форме влияния перегрузки на производительность, зато известно, что при повышении нагрузки эффект снижения эффективности ограничен сверху (не уходит в бесконечность) [13, 33]. Квадратичный рост не учитывает такого ограничения, поэтому мало обоснован эмпирически.

Пороговые (ступенчатые) функции

Такой подход предполагает, что пока *S* ниже некоторого порога S_0, штраф равен нулю (или мал), а при превышении S_0 происходит резкий «обвал» эффективности (штраф резко включается). Пороговая модель теоретически перекликается с идеей конечной емкости рабочей памяти:

как только перегрузка превышает способность системы, производительность падает резко [9]. Однако чисто ступенчатая функция очень груба и физически нереалистична (в реальности спад постепенный), а также экстремально неустойчива: малейшее смещение порога меняет результаты радикально. Тем не менее эмпирически есть данные о некотором «критическом пороге»: например, при тестах на геозадачи был выявлен пороговый уровень когнитивной нагрузки (~0,48), после которого производительность резко падает [4]. Это говорит в пользу наличия перехода, но почти всюду в психологии наблюдается не идеальный шаг, а плавный спад.

Сигмоидальные функции (логистическая)

Обычный логистический рост вида

$$A(S) = \frac{A_{max}}{1 + \exp\left[-\theta(S - \delta)\right]}$$

или его обобщения задают S-образную кривую с верхней асимптотой A_{max}. Сигмоида хорошо согласуется с идеями адаптации и усталости: при малых S штраф мал (мозг справляется), при $S \approx \delta$ наступает «резкое» нарастание эффекта, а при очень больших S достигается «потолок» максимального снижения эффективности (штраф не растет бесконечно). Такая форма устойчива к параметрам: асимптоты и крутизну можно гибко настраивать, и небольшие колебания θ или δ дают контролируемый сдвиг кривой (в отличие от квадратики или экспоненты). Эмпирически сигмоидальные кривые часто встречаются при описании изменения производительности при возрастающей нагрузке: например, эксперимент с игрой Tetris показал, что при очень высокой нагрузке падение производительности удачно аппроксимируется сигмоидальной моделью [13]. Аналогично, концептуальная «кривая Йеркеса-Додсона» имеет правую «половину» вида плавного экспоненциально-символа (инвертированная сигмоида) [13, 33]. Кроме того, логистическая регрессия выявила острое снижение эффективности после некоторого порога нагрузки [5], что согласуется с формой сигмоиды (перепад вокруг δ).

Таким образом, сигмоидальные (логистические) функции выглядят наиболее физически обоснованными: они отражают и ограниченную емкость обработки (есть максимум штрафа), и постепенный кризис при перегрузке, и устойчивы к изменению параметров. Остальные формы – экспоненциальный и квадратичный рост – либо не имеют ограничения сверху (маловероятны биологически), либо чувствительны. Пороговая функция слишком резка и груба.

Рекомендация: функция $A(S)$ и ее параметры

Исходя из вышеизложенного, наиболее подходящей представляется обобщенная логистическая (сигмоидальная) функция. Формально можно выбрать, например,

$$A(S) = \frac{A_{max}}{1 + \exp\left[-\theta(S - \delta)\right]}$$

где A_{max} – максимальная величина штрафа (асимптота кривой), δ – положение точки перегиба (уровень S, при котором эффект нарастает наполовину), а θ – параметр крутизны. При малых $S \ll \delta$ значение $A(S)$ близко к нулю (штраф невелик), при $S = \delta$ рост штрафа наиболее интенсивен, при $S \gg \delta$, $A(S) \approx A_{max}$. Интерпретация параметров: δ отражает порог, когда начинается заметная перегрузка (переход к «фазе усталости»), а θ регулирует, насколько плавно или резко это происходит. Такой вид функции получил подтверждение: при сильной нагрузке на когнитивную систему производительность действительно резко падает с «переходом» (подобно S-образной кривой) [13, 33].

Например, можно связать Amax с полной потерей обработки бессознательных стимулов (штраф упадет до максимума, когда ресурсы исчерпаны). Крутизна θ может быть подобрана по данным психофизиологических экспериментов или нейровизуализации: более низкий θ – плавная деградация (как при постепенной усталости), высокий θ – резкий «слом»

после порога (как при внезапном перегрузе). Порог δ отражает объем стимулов, после которого наблюдается утрата эффективности: например, исследования указывают на близкие эффекты при любых экстремальных нагрузках [13].

Математическое обоснование ограничений

Сигмоидальная модель адекватно отражает реальные ограничения системы обработки бессознательных стимулов. При росте S дополнительные стимулы начинают «забивать» фиксированный объем ресурсов (рабочей памяти, внимания), так что штраф растет все быстрее, пока не выходит на максимум – далее новые стимулы уже почти не меняют дальнейшую эффективность. Формально это видно в деривативе логистической функции:

$$A'(S) = \frac{A_{max}\theta e^{-\theta(S-\delta)}}{(1+e^{-\theta(S-\delta)})^2}$$

который достигает максимума при S = δ и затем стремится к нулю при S→∞.

То есть скорость роста штрафа сначала увеличивается (при прохождении через δ), а затем убывает – отражая насыщение деградации. Это хорошо согласуется с идеей «ограниченной емкости»: после определенного предела (большого S) дополнительные бессознательные стимулы уже не могут существенно ухудшать состояние, так как ресурсы практически исчерпаны.

Кроме того, с точки зрения нейрофизиологии, адаптация нейронов и утомление сетей часто описываются комбинациями экспоненциальных процессов с насыщением, что приблизительно соответствует сигмоиде [13]. В частности, логистическая форма позволяет «имитировать» пороговый переход при адаптивном снижении отклика: при низких нагрузках ответ стабилен, а при превышении порога стремительно падает. Это подтверждается экспериментами по визуальным и когнитивным стимулам, где замечено sigmoidal-поведение эффективности [13].

Таким образом, математическая модель в виде логистической кривой наилучшим образом учтет факт: при малых S эффект от перегрузки минимален, при умеренных S – растет по S-образной кривой, а при больших S – выходит на уровень «максимального утомления» (штраф не увеличивается дальше) [13, 33].

Итоговая модель $M(S)$

С учетом всего вышеизложенного конечная формула индекса может принять вид

$$M(S) = \frac{\omega_B * (B(S) - Bmin)}{Bmax - Bmin} + \frac{\omega_N * (N(S) - Nmin)}{Nmax - Nmin} - \lambda \frac{A_{max}}{1 + \exp\left[-\theta(S-\delta)\right]}$$

Здесь λ – общий вес штрафного терма, а остальные параметры – как указано. Такая формула сохраняет исходную линейную комбинацию активных компонентов $B(S)$ и $N(S)$, но штраф $A(S)$ растет по логистическому закону. При $S \ll \delta$ имеет место малое вычитание (система справляется с нагрузкой), при $S \approx \delta$ теряется львиная доля эффективности, а при $S \gg \delta$ – индекс $M(S)$ приближается к $\omega_B B + \omega_N N - \lambda A_{max}$, что задает нижний предельный уровень.

Такой подход математически и эмпирически обоснован: он описывает нарастающий отрицательный эффект перегрузки бессознательных стимулов, ограниченный реальными ресурсами обработки [13, 33].

Предположительно, это поможет отделить «истинное усиление» от искажений при перегрузке. Однако это область, требующая дальнейших исследований. Можно сразу выявить явные недочеты, такие как отсутствие нормализации и интерпретации весов и отсутствие возможности «запуска» модели на реальных данных (аналитический эксперимент).

Помимо этого, стоит указать, что неизвестно, поддерживают ли кампании, калиброванные по USCI, узнаваемость бренда и запоминание в течение недель и месяцев, и отличаются ли значения USCI для разных сенсорных модальностей (например, слуховые против визуальных стимулов), отражая модально-специфическую динамику адаптации.

Представленная модель USCI объединяет разрозненные области исследований – перегрузку информацией [17], нейронную адаптацию [12], усталость от принятия решений [11] и адаптивное кодирование в MD-сети [3, 7] – в единую проверяемую модель. Она количественно определяет пределы неосознаваемой обработки, переходя от качественных описаний к практическим порогам.

В теории, маркетологи могут использовать оценки USCI для:

– оптимизации интенсивности кампаний – определения частоты и плотности стимулов, которые максимизируют эффект, не вызывая выгорания;

– персонализации экспозиций – настройки неосознанной нагрузки под разные сегменты аудитории с учетом их чувствительности (например, возраст, когнитивный стиль);

– планирования интервенций – создания чередующихся серий осознанных и неосознанных сообщений с учетом эффекта интервалов и во избежание адаптации [24].

Заключение

Мы описали феномен нейромаркетингового выгорания – снижение эффективности неосознанных стимулов при превышении когнитивной емкости. Индекс USCI представляет собой интегративную метрику, основанную на данных когнитивной нейронауки и поведенческих исследований, предоставляя как теоретическую ясность, так и практические рекомендации. Используя адаптивные стратегии подачи стимулов, маркетологи могут эффективно задействовать имплицитные воздействия, не перегружая мозг и не провоцируя усталость от принятия решений, что оправдано при реализации нейромаркетинговых усилий для формирования экологически ориентированного поведения потребителей.

Список литературы

1. *Blumenstein, M. R.* Neural Adaptation in Refractive Care // Optometry Times. – 2023. – Vol. 15, № 09.

2. Consumer Involvement in Environmental Transformations: Dynamics and Results of Empirical Studies / V. Bondarenko, N. Dadayan, N. Guzenko // Bulletin of South Russian State Technical University (NPI). Series: Social and Economic Sciences. – 2023. – Vol. 16, № 2. – P. 45-59. – DOI: 10.17213/2075-2067-2023-2-45-59.

3. *Duncan, J.* The Multiple-Request System (MD) in Primate Brains: Mental Programs for Intellectual Behavior // Trends in Cognitive Sciences. – 2010. – Vol. 14, № 4. – P. 172-179. – DOI: 10.1016/j.tics.2010.01.004.

4. Quantitative Assessment of the Impact of an Autonomous Breathing Apparatus on Physiological and Psychological Responses during Firefighting: a Systematic Review and Meta-Analysis / Li Jian, Wang Yunyi, Jiang Zhongfan, Li Jun // International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. – 2023. – Vol. 29, № 1. – P. 77-89.

5. *Lukina, A.* Adaptive Coding of Task-Relevant Information in Human Frontoparietal Cortex // Journal of Neuroscience. – 2011. – Vol. 31, № 41. – P. 14592-14599. – DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2616-11.2011.

6. The Role of Information Overload on Consumers' Online Shopping Behavior / G. Appiah Kusi, M. Rumki, F. Quarcoo Hammond, E. Otchere, A. Fu // Journal of Business and Management Studies. – 2022. – Vol. 4, № 4. – P. 172-188. – DOI: 10.32996/jbms.2022.4.4.16.

7. Dealing with Information Overload: a Comprehensive Review / M. Arnold, M. Goldschmitt, T. Rigotti // Frontiers in Psychology. – 2023. – Vol. 14. – Article 1122200. – DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1122200.

8. *Baumeister, R. F., Tierney, J.* Willpower: Rediscovering the Greatest Human Strength. – New York, 2011. – 291 p.

9. The Strength Model of Self-Control / R. F. Baumeister, K. D. Vohs, D. M. Tice // Current Directions in Psychological Science. – 2007. – Vol. 16, № 6. – P. 351-355. – DOI: 10.1111/j.1467-8721.2007.00534.x.

10. Linear Versus Nonlinear Signal Transmission in Neuron Models with Adaptation Currents or Dynamic Thresholds /

J. Benda, L. Maler, A. Longtin // Journal of Neurophysiology. – 2010. – Vol. 104, № 5. – P. 2806-2820. – DOI: 10.1152/jn.00240.2010.

11. Experimental Validation of a Performance Curve using a Tetris Game / C. Bottenheft, E. L. Groen, J. B. F. van Erp // BMC Psychology. – 2025. – Vol. 13, № 1. – Article 755. – DOI: 10.1186/s40359-025-03006-2.

12. Information Overload and Viral Marketing: Countermeasures and Strategies / J. Cheng, A. Sun, D. D. Zeng // Lecture Notes in Computer Science. – 2010. – Vol. 6007. – P. 108-117. – DOI: 10.1007/978-3-642-12079-4_16.

13. *Curtin, A., Ayaz, H.* Neural Efficiency Metrics in Neuroergonomics: Theory and Applications // Neuroergonomics. – Elsevier, 2019. – P. 133-140. – DOI: 10.1016/B978-0-12-811926-6.00022-1.

14. The Dimensionality of Neural Representations for Control / D. Badre, A. Bhandari, H. Keglovits, A. Kikumoto // Current Opinion in Behavioral Sciences. – 2021. – Vol. 38. – P. 20-28. – DOI: 10.1016/j.cobeha.2020.10.006.

15. *Eppler, M. J., Mengis, J.* The Concept of Information Overload: a Review of Literature from Organization Science, Accounting, Marketing, MIS, and Related Disciplines // The Information Society. – 2004. – Vol. 20, № 5. – P. 325-344. – DOI: 10.1080/01972240490507974.

16. The Yerkes-Dodson Law and Stress, Anxiety and Performance in Nuclear Medicine / S. Ganem, B. Ballane, Y. Herman, [et al.] // Journal of Nuclear Medicine. – 2022. – Vol. 63, Suppl. 2. – P. 2737.

17. *Haynes, J.-D.* A Primer on Pattern-Based Approaches to fMRI: Principles, Pitfalls, and Perspectives // Neuron. – 2015. – Vol. 87, № 2. – P. 257-270. – DOI: 10.1016/j.neuron.2015.05.025.

18. Combining and Comparing EEG, Peripheral Physiology and Eye-Related Measures for the Assessment of Mental Workload / M. A. Hogervorst, A.-M. Brouwer, J. B. F. van Erp // Frontiers in Neuroscience. – 2014. – Vol. 8. – Article 322. – DOI: 10.3389/fnins.2014.00322.

19. *Kahneman, D.* Thinking, Fast and Slow. – New York : Farrar, Straus and Giroux, 2011. – 499 p.

20. *Kamitani, Y., Tong, F.* Decoding Seen and Attended Motion Directions from Activity in the Human Visual Cortex // Current Biology. – 2006. – Vol. 16, № 11. – P. 1096-1102. – DOI: 10.1016/j.cub.2006.04.003.

21. *Kotler, Ph., Keller, K. L.* Marketing Management. – 14th ed. – Shanghai : Shanghai People's Publishing House, 2016.

22. *Kriegeskorte, N., Kievit, R. A.* Representational Geometry: Integrating Cognition, Computation, and the Brain // Trends in Cognitive Sciences. – 2013. – Vol. 17, № 8. – P. 401-412. – DOI: 10.1016/j.tics.2013.06.007.

23. Lateral Inhibition [Электронный ресурс]. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Lateral_inhibition (дата обращения: 05.06.2025).

24. *Libet, B.* Unconscious Cerebral Initiative and the Role of Conscious will in Voluntary Action // Behavioral and Brain Sciences. – 1985. – Vol. 8. – P. 529-566. – DOI: 10.1017/S0140525X00044903.

25. *Miller, G. A.* The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information // Psychological Review. – 1956. – Vol. 63, № 2. – P. 81-97. – DOI: 10.1037/h0043158.

26. Purposeful Sampling for Qualitative Data Collection and Analysis in Mixed Method Implementation Research / L. A. Palinkas, S. M. Horwitz, C. A. Green [et al.] // Administration and Policy in Mental Health. – 2015. – Vol. 42, № 5. – P. 533-544. – DOI: 10.1007/s10488-013-0528-y.

27. Deciding without Resources: Resource Depletion and Choice in Context / A. Pocheptsova, O. Amir, R. Dhar, R. F. Baumeister // Journal of Marketing Research. – 2009. – Vol. 46. – P. 344-355. – DOI: 10.2139/ssrn.955427.

28. Presynoptic Braking [Электронный ресурс]. – URL: https://student-servis.ru/spravochnik/presinapticheskoe-tormozhenie (дата обращения: 10.07.2025).

29. *Riedel, J., Colao, R.* Change is Hard: the Promise of Behavioral Economics // American Journal of Health Promotion. – 2014. – Vol. 28, № 6. – P. TAHP8-TAHP11.

30. *Turcotte, J., Oddson, B.* Managing Increased Cognitive Load in a Guided Search // Perceptual and Motor Skills. – 2022. –

Vol. 129, № 3. – P. 378-398. – DOI: 10.1177/00315125221076440.

31. Underload on the Road: Measuring Vigilance Decrements during Partially Automated Driving // Frontiers in Psychology. – 2021. – Vol. 12. – Article 631364. – DOI: 10.3389/fpsyg.2021.631364.

32. Making Choices Impairs Subsequent Self-Control: a Limited-Resource Account of Decision Making, Self-Regulation, and Active Initiative / K. D. Vohs, R. F. Baumeister, B. J. Schmeichel [et al.] // Journal of Personality and Social Psychology. – 2008. – Vol. 94, № 5. – P. 883-898. – DOI: 10.1037/0022-3514.94.5.883.

33. Warc 2024 Report: 3 Key Strategies Marketing Leaders Need to Know in 2024 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.bizcommunity.com/article/warc-2024-report-3-key-strategies-marketing-leaders-need-to-know-in-2024-707792a (дата обращения: 28.08.2025).

34. Synthesis and Pharmacological Characterization of Novel Glucagon-Like Peptide-2 (GLP-2) Analogues with Low Systemic Clearance / K. Wiśniewski, J. Sueiras-Diaz, G. Jiang [et al.] // Journal of Medicinal Chemistry. – 2016. – Vol. 59, № 7. – P. 3129-3139. – DOI: 10.1021/acs.jmedchem.5b01909.

Об авторах

Лукина Анастасия Владимировна, *доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой маркетинга, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия, lukina_anvl@pfur.ru.*

Бондаренко Виктория Андреевна, *доктор экономических наук, профессор, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия, bondarenko_va@pfur.ru.*

Нога Владислава Игоревна, *ассистент кафедры маркетинга, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия, noga_vi@pfur.ru.*

Луценко Алина Евгеньевна, *студентка 4-го курса профиля «маркетинг», Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия, 1032221716@pfur.ru.*

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

About the Authors

Anastasia Lukina, *Dr. Sci. (Econ.), Professor, Head of the Department of Marketing, RUDN University, Moscow, Russia, lukina_anvl@pfur.ru.*

Viktoria Bondarenko, *Dr. Sci. (Econ.), Professor, RUDN University, Moscow, Russia, bondarenko_va@pfur.ru.*

Vladislava Noga, *Assistant of the Department of Marketing, RUDN University, Moscow, Russia, noga_vi@pfur.ru.*

Alina Lutsenko, *4th-year Student, Marketing Major, RUDN University, Moscow, Russia, 1032221716@pfur.ru.*

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)