

## НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ПОВЕДЕНИЯ



**Зверев Дмитрий Магомедович,**

маркетолог-аналитик, член Гильдии Маркетологов, индивидуальный предприниматель; 107065, Москва, Хабаровская ул., д. 27, оф. 78  
mlab@bk.ru

Модель потребительского поведения, изложенная автором на базе нейрофизиологии человека, представляет собой новейшую разработку в области нейромаркетинга, предлагая маркетологам математический аппарат для моделирования поведения покупателей при выборе товара, их движении к его покупке, реагировании на барьеры и стимулы на пути к покупке товара. Она основана на математической формализации нейрохимических процессов, действующих в организме человека при совершении направленных действий, например, покупке продукта. Модель точно описывает такие доселе сложные понятия, как удовлетворенность покупателя, привлекательность продукта, используя понятия нейрофизиологии и предоставляя практикующим маркетологам инструменты для их измерения. Модель имеет прикладное значение. Используя методы маркетинговых замеров, созданные на базе предлагаемой модели, маркетологи могут напрямую измерять силу привлекательности любого продукта, бренда, и сравнивать ее с аналогами, тестировать воздействие на покупателя рекламных материалов, рекламных акций, расположения в торговом зале и дизайна POS-материалов. Особую полезность имеет модель для составления карт потребительского опыта и траекторий покупки, что первостепенно в маркетинге услуг.

Ближайшим аналогом модели являются разработки израильско-американского психолога Даниеля Канемана, одного из основоположников поведенческой экономики. Однако в предлагаемой авторами модели сделан качественный переход от описательной психологии поведения человека к вычислительной. Основным выводом статьи является то, что покупательское поведение полностью моделируется нейрофизиологическими зависимостями.

Предлагаемая математическая модель потребительского поведения будет полезна для маркетологов-аналитиков, специалистов по продаже, рекламе и работе с ключевыми клиентами.

**Ключевые слова:** нейромаркетинг; потребительское поведение; математическая модель; нейромедиаторы; модель движения покупателя к покупке.

### ОСНОВНЫЕ НЕЙРОМЕДИАТОРЫ

Важнейшими гормонами, связанными с лояльностью, удовлетворенностью и мотивацией человека, являются три следующие: **окситоцин, серотонин и дофамин**. Их иначе еще называют гормонами счастья.

#### Окситоцин

Нейропептид и пептидный гормон паравентрикулярного ядра гипоталамуса, который транспортируется в заднюю долю гипофиза, где накапливается и выделяется в кровь. Имеет олигопептидное строение.

Окситоцин (рис. 1) называют **гормоном любви и желания**. Он вызывает эмоциональную привязанность, укрепляет эмоциональные связи. Повышенный уровень этого гормона способствует более глубокой связи во взаимоотноше-

ниях между партнерами, матерью и ребенком. Он вызывает **чувство удовлетворения, снижения тревоги и чувство спокойствия** рядом с партнером, доверие, лояльность и привязанность. Люди, у которых наблюдается высокая концентрация данного гормона в крови, сильнее зависят от своего предмета обожания, нуждаются в нем. Этот гормон также дает усиление эмоциональной памяти, яркие воспоминания об определенном человеке, месте, предмете, событии и так далее. Окситоцин важен для женщин, так как обеспечивает родовую деятельность и выделение грудного молока. Но, несмотря на это, он универсален и вырабатывается как у мужчин, так и у женщин.

Окситоцин является важнейшим гормоном рейтингования, который определяет для человека «хо-

рошее» и «плохое», разделяет людей и вещи по уровню доверия к ним на «свои», которым можно доверять, и «чужие», которым доверять нельзя.

#### Серотонин

Один из основных нейромедиаторов. По химическому строению серотонин относится к биогенным аминам, классу триптамина (рис. 2). Серотонин часто называют «гормоном хорошего настроения» и «**гормоном счастья**».

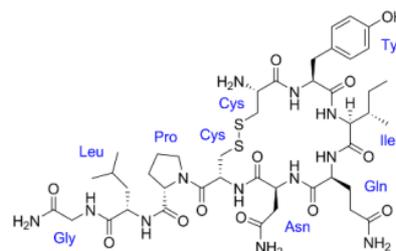


Рис. 1. Структура молекулы окситоцина

Серотонин вырабатывается в организме в моменты экстаза, его уровень повышается во время эйфории и понижается во время депрессии. Для выработки серотонина обязательно нужен ультрафиолет, недостаток ультрафиолета в зимнее время года и является причиной столь распространенной сезонной депрессии.

Серотонин регулирует настроение. Когда уровень гормона в норме, человек счастлив, спокоен, сосредоточен и доволен. И, наоборот, как подтвердили исследования, агрессия и тревожность, депрессия и бессонница часто связаны с нехваткой серотонина. А вот если уровень свободного гормона в крови повысить, то неприятные симптомы затихают.

Также серотонин стимулирует участки мозга, которые контролируют сон и бодрствование, участвует в пищеварении и контролирует перистальтику кишечника, помогает избавляться от вредных веществ, попавших в организм, вызывая рвоту или диарею.

В целом, серотонин один из лучших претендентов на роль показателя удовлетворенности.

### Дофамин

По химической структуре дофамин относят к катехоламинам (рис. 3). Дофамин является биохимическим предшественником норадреналина (и адреналина). Дофамин вполне можно назвать **гормоном целеустремленности и влечения**.

Дофамин является одним из химических факторов внутреннего подкрепления и служит важной частью «системы вознаграждения» мозга, поскольку вызывает чувство удовольствия, чем влияет на процессы мотивации и обучения.

Дофамин играет немаловажную роль в обеспечении когнитивной

деятельности. Активация дофаминергической передачи необходима при процессах переключения внимания человека с одного этапа когнитивной деятельности на другой. Таким образом, недостаточность дофаминергической передачи приводит к повышенной инертности больного, которая клинически проявляется замедленностью когнитивных процессов и персеверациями.

Он поддерживает функционирование сердца и мозга, помогает контролировать вес и отвечает за работоспособность. Недостаток данного гормона в организме человека приводит к постоянному депрессивному состоянию и накоплению лишнего веса.

Повышенное количество дофамина вызывает увеличение систолического артериального давления в результате стимуляции α-адренорецепторов, но менее сильное, чем под влиянием адреналина. Также дофамин увеличивает силу и частоту сердечных сокращений в результате стимуляции β-адренорецепторов, увеличивает сердечный выброс.

Потребность миокарда в кислороде под влиянием дофамина повышается, однако в результате уве-

личения коронарного кровотока обеспечивается также и повышенная доставка кислорода к нему.

### РОЛЬ НЕЙРОМЕДИАТОРОВ В ПОТРЕБИТЕЛЬСКОМ ПОВЕДЕНИИ

Известный американский профессор биологии, неврологии и нейрохирургии, преподающий в Стэнфордском университете, Роберт Сапольски так представляет изменение концентрации трех рассматриваемых нейромедиаторов в нервных клетках человека при совершении действий, направленных на достижение определенного результата (рис. 4).

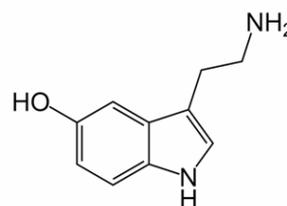


Рис. 2. Структура молекулы серотонина

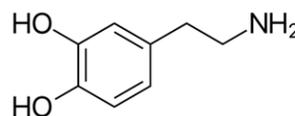


Рис. 3. Структура молекулы дофамина

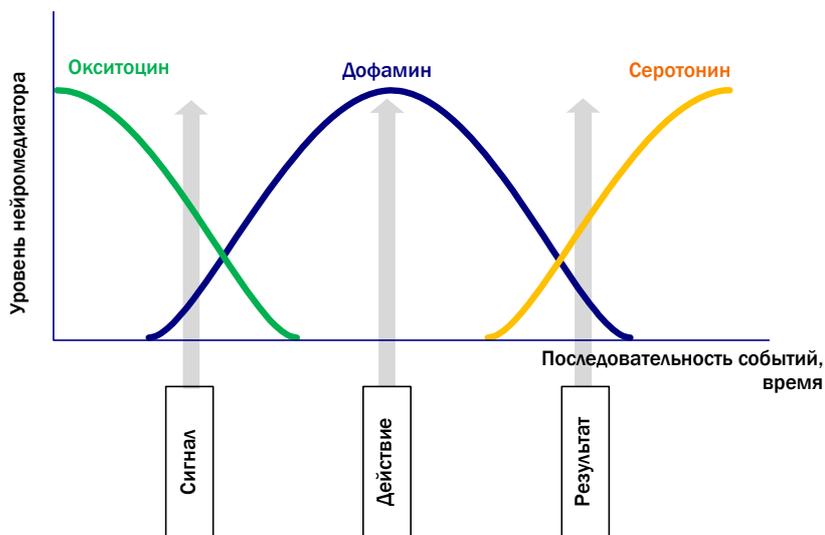


Рис. 4. Отклики нейромедиаторов на внешние раздражители

То есть до получения сигнала (некоего раздражителя, появления объекта желания — рекламы бренда, появления товара на полках магазина, продукта в поле видимости, который давно хотелось приобрести) потребление управляется уровнем окситоцина в нервных клетках. Ведь еще до появления сигнала человек уже должен определиться: что для него важно, а что нет, к чему у него предпочтение, а к чему наоборот отторжение. Все это исключительно важно для выстраивания линии потребительского поведения человека.

Как только человек получает сигнал, роль окситоцина снижается. Включается гормон и нейромедиатор дофамин. Ведь он отвечает за мотивацию. Человек ставит перед собой цель приобрести понравившийся и важный для него продукт, он мотивирован, он ожидает награду в виде получения этого продукта и начинает движение по направлению к его покупке. Максимум уровня дофамина приходится на пик покупательской активности человека. Вот он взял нужную сумму денег, доехал до торгового центра, вошел и решительно направляется к месту продажи вожделенного продукта. Человек в тонусе, активен, возбужден, готов снести любые препятствия к покупке.

И вот продукт приобретен. Дофамин резко падает, так как необходимости в мотивации уже нет, ибо результат достигнут. Именно тут включается нейромедиатор серотонин, который отвечает за состояние удовлетворения, радости и спокойствия.

Давайте теперь вспомним, какие этапы проходит потребитель на своем пути к совершению покупки. Теория маркетинга выделяет пять шагов:

1. Возникновение потребности.
2. Поиск информации о возможности удовлетворения потребности.
3. Оценка вариантов.
4. Решение о покупке.
5. Реакция на покупку.

Но это не совсем то, что нам нужно, так как мы рассматриваем эмоциональные состояния человека, мотивирующие его к движению по этим этапам от первого до пятого. Лучше всего такие состояния описывают так называемые техники продаж, которые являются удобным инструментарием для продавцов. Обратимся к ставшей классической моделью продаж технике *AIDA* (рис. 5).

Что мы видим в этой модели, если рассматривать ее через призму нейромедиаторов? Похоже, что дофамин (гормон влечения) и окситоцин (гормон обожания). То есть покупатель формирует в своем мозгу образ продукта, который его очень привлекает и сулит радость и умиротворение (**окситоцин**), и стремится его заполучить, активно используя свои когнитивные способности и внутреннюю мотивацию (**дофамин**). Мерой же достигнутого удовольствия является уровень **серотонина**.

#### АНТАГОНИЗМ СЕРОТОНИНА И ДОФАМИНА

Но тут мы подступаем к интересной коллизии, которая носит название «**антагонизм нейромедиатора**».

А именно дофамина и серотонина. Дело в том, что, так как дофамин вызывает желание достичь удовольствия, а серотонин становится химической причиной ощущения самого удовольствия, возникает эффект обратной пропорциональной зависимости дофамина и серотонина. Так, у человека, пребывающего в состоянии эйфории, не может быть мотивации добиваться цели, способной повысить его настроение. Насыщение, удовлетворение притупляет или вовсе прекращает в человеке стремление к цели. Поэтому, после того как человек достигает цели, концентрация серотонина в крови возрастет, а количество дофамина, напротив, уменьшится, освобождая человека от желания продолжать активную деятельность и давая ему возможность насладиться результатом. Это может произойти и до достижения цели, когда и промежуточный результат или какие-либо стимулы на пути к покупке приносят человеку достаточно удовлетворения, чтобы прекратить активные действия. И наоборот, если человек не испытывает достаточно удовлетворения на пути к цели, то его охватывает чувство беспокойства, и он получает мощную мотивацию для активных действий, направленных на достижение желаемого. В этом случае уровень серотонина в крови падает, а уровень дофамина растет. Антагонизм

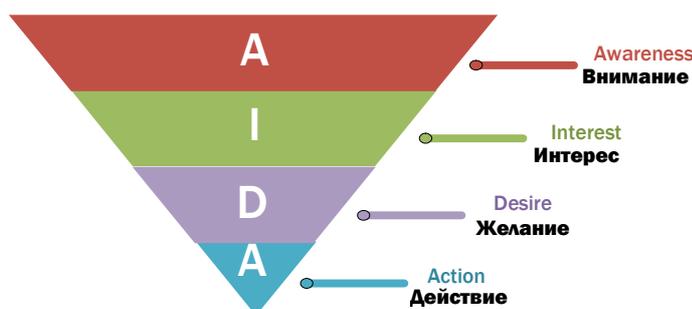


Рис. 5. Модель продаж AIDA

нейромедиаторов является одной из основных причин закона убывающей предельной полезности.

Но важно отметить, что взаимодействие дофамина и серотонина не работает в обратную сторону: если дофамин падает, серотонин не повышается. Если покупатель на своем пути к покупке наталкивается на серьезное препятствие, то дофамин снижается, уровень серотонина не меняется, и желание двигаться к цели пропадает.

Уровень серотонина также является индикатором правильного движения к цели. Если на пути к ней его уровень остается постоянным или растет, то человек чувствует, что движется в правильном направлении. Если человек наталкивается на трудности, то уровень серотонина падает. Это на определенную величину вызывает рост дофамина и активизирует усилия человека на пути к результату. Однако чрезмерное падение серотонина вызывает состояние фрустрации и прекращение действий, хотя привлекательность цели от этого не снижается, а только возрастает.

Причина антагонизма серотонина и дофамина вызвана действием 5-HT<sub>2c</sub>-рецепторов, которые расположены в сосудистом сплетении желудочков мозга, эпителиальных клетках, выстилающих эти желудочки, гиппокампе, переднем обонятельном ядре, черной субстанции, в нескольких ядрах ствола мозга, миндалинах и носовых пазухах. Рецептор 5-HT<sub>2c</sub> является одной из многих точек связывания серотонина и реагирует только на него, оставаясь инертным к дофамину. Но активация этого рецептора серотином подавляет высвобождение дофамина и норадреналина в полосатом теле, префронтальной коре, ядре,

гиппокампе, гипоталамусе, амигдале и прочих областях мозга (рис. 6).

Таким образом, мы получаем факт, что сцепление молекул серотонина с рецепторами 5-HT<sub>2c</sub> автоматически подавляет выделение дофамина и ведет к снижению его концентрации в клетках. Освобождение 5-HT<sub>2c</sub>-рецепторов наоборот выключает механизм подавления синтеза дофамина, и его концентрация снова возрастает. Похожим действием обладают также 5-HT<sub>1b</sub>-рецепторы.

**МЕХАНИЗМ ПЕРЕДАЧИ НЕРВНОГО ИМПУЛЬСА**

Но как все это влияет на движение человека к совершению покупки? Как влияет на его действия или бездействие, на его реальное потребительское поведение?

А дело в том, что нейромедиаторы — это вещества напрямую

участвующие в передаче нервных импульсов у человека [1].

Рассмотрим процесс передачи нервного импульса, изображенный на рисунке 7. На нем представлены процессы, происходящие в синапсе. Синапсом называют место контакта, выглядящее как щель или зазор, между двумя нейронами или между нейроном и получающей сигнал эффекторной клеткой. Физиологи утверждают, что передача импульса между нервными клетками происходит в синапсах химическим путем с помощью соответствующих нейромедиаторов. Синапсы являются уникальным природным соединительным элементом между электропроводящими нейронами. По сути дела, они являются аналогом соединительных клемм в электрике, благодаря которым нейронные окончания могут образовывать произвольные связи,

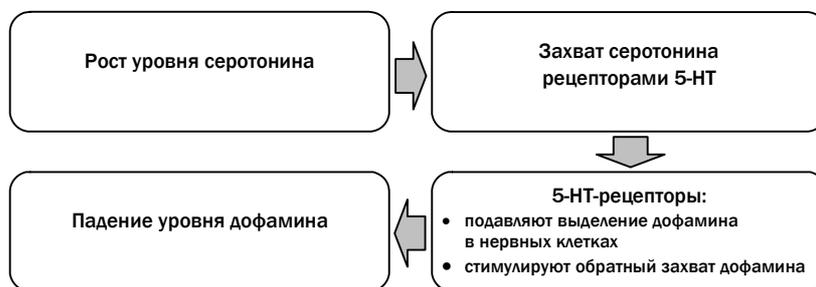


Рис. 6. Схема работы механизма антагонизма серотонина и дофамина

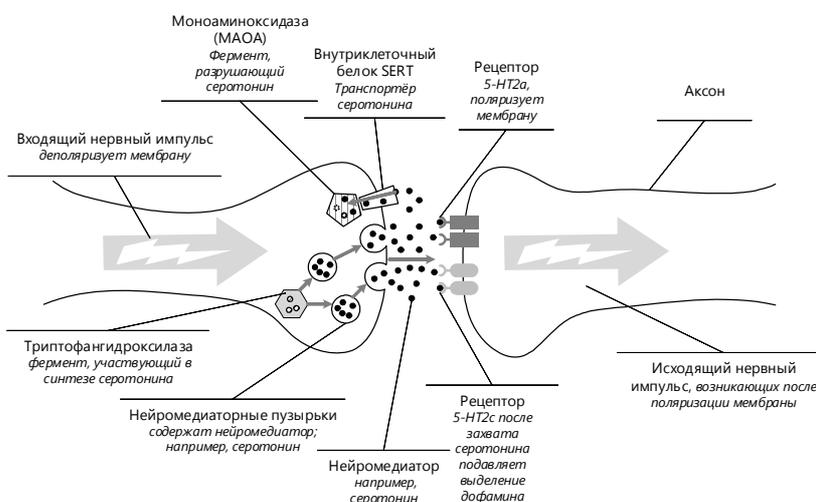


Рис. 7. Схема механизма передачи нервного импульса в синапсе

присоединяясь к почти любой клетке организма человека.

В упрощенном виде механизм передачи нервного импульса выглядит так. Нервный импульс, принесенный к синапсу поляризационной волной, деполяризует входную (пресинаптическую) мембрану синапса. Это приводит к тому, что особые пузырьки, содержащие нужный нейромедиатор и прилипшие с внутренней стороны к мембране, вскрываются и молекулы нейромедиатора, которыми они наполнены, поступают в синаптическую щель. Там они захватываются рецепторами, которые расположены на внешней стороне выходной (постсинаптической) мембраны синапса. Оставшееся лишнее количество нейромедиатора поглощается специальными белками и разрушается определенными ферментами. При этом в нервных клетках функционируют ферменты с обратным действием, которые синтезируют нужные нейромедиаторы. Важно то, что для каждого нейромедиатора существует определенный набор рецепторов, который реагирует только на данный вид нейромедиаторов и ни на какой другой. Далее, как только рецептор захватил молекулы нейромедиатора, он производит специальные действия. Так рецептор 5-НТ2с включает механизм подавления выделения дофамина, о котором говорилось выше, а рецептор 5-НТ2а поляризует мембрану, генерируя поляризационную волну, созданную поглощением ионов  $Na^+$  и формирующую нервный импульс во втором аксоне, принявшим сигнал от синапса.

Все эти процессы, происходящие в синапсе, очень быстрые и занимают всего лишь тысячные доли секунды. А итоговая скорость распространения нервного импульса

в зависимости от толщины нервных волокон у человека может варьировать от 2 до 120 м/с.

### СОСТАВЛЕНИЕ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ПОВЕДЕНИЯ

На основе вышеизложенных данных можно приступить к составлению модели потребительского поведения.

Воспользовавшись принципом Д'Аламбера (сумма действующих на тело сил: активной силы, силы реакции и силы инерции, равна нулю), запишем первое равенство:

Формула 1

$$F_D + F_S - F = 0 \text{ или } F = F_D + F_S$$

Здесь

- ♦ в качестве активной силы выступает сила влечения к продукту  $F_D$ , связанная с воздействием дофамина на человека;
- ♦ в качестве силы реакции — влияние стимулирующих или отталкивающих факторов на пути к покупке, меняющих уровень серотонина,  $F_S$ ;
- ♦ в качестве силы инерции — результирующая, итоговая сила, действующая на покупателя, но с обратным знаком, как и следует из определения принципа Д'Аламбера.

Назовем эти силы так:

$F_D$  — сила дофаминового влечения;

$F_S$  — сила серотонинового отклонения (рис. 8).

Также введем понятия мотивации покупателя  $m$  и привлекательности продукта  $D$ .

### Мотивация покупателя

Под мотивацией покупателя  $m$  мы понимаем прежде всего его вовлеченность в процесс покупки, его заинтересованность в приобретении продукта, степень его восприятия недостатка этого продукта, глубину его состояния депривации, яркость выраженности его потребности или нужды в продукте.

Примем, что при встрече стимулов и поощрений на пути к покупке покупатель кроме силы дофаминового влечения к продукту  $F_D$  воспринимает влияние положительной силы серотонинового отклонения  $+F_S$ . И, наоборот, при встрече какого-либо сопротивления на пути к покупке покупатель испытывает влияние отрицательной силы серотонинового отклонения  $-F_S$ .

### Сила дофаминового влечения $F_D$

В научной литературе, в обсуждениях экспериментов над мышами о влиянии уровня дофамина на целенаправленное поведение исследователи частенько сравнивают дофамин с магнитным полем, которое тянет к награде. Дофамин заставляет нас достигать целей, обещая при этом золотые горы (система поощрения), помогает фокусироваться на том, что

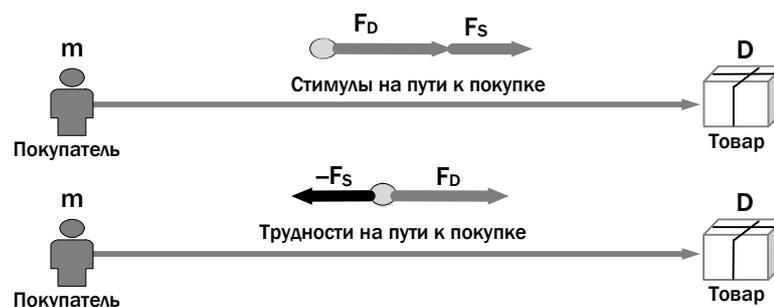


Рис. 8. Взаимодействие сил, действующих на покупателя на пути к покупке

для нас важно, помогает переключаться с одной задачи на другую, активно выделяется в нервных клетках при мыслях о награде и, наоборот, снижает свою концентрацию при мыслях о невозможности достичь награды.

Пользуясь сравнением влияния дофамина на поведение человека с влиянием магнитного (или лучше и удобнее гравитационного) поля на предмет, предположим, что целевой продукт, который собирается купить покупатель, создает вокруг себя некое поле влечения [2]. Границы этого поля начинаются с того момента, когда покупатель узнает о продукте. Это поле влечения имеет некоторую плотность  $\rho_D$  (рис. 9).

Выразим величину влечения  $D$  через плотность и объем (в данном случае через площадь, так как мы рассматриваем двухмерное пространство), как мы это обычно делаем для массы.

$$D = \iint \rho_D \cdot dS. \quad \text{Формула 2}$$

Тут важно отметить, что в качестве рабочего мы приняли двумер-

ное пространство, так как рассматриваем процесс совершения покупки в пространстве двух действующих лиц — покупателя и продавца.

Если же мы учтем действия конкурентов, а продавцов одного и того же товара, привлекшего покупателя, например, будет двое, то следует рассматривать уже трехмерное пространство (рис. 10). Если продавцов будет трое — четырехмерное. И так далее.

В случае трехмерного пространства выражение для влечения че-

рез плотность поля влечения к продукту немного изменится:

$$D = \iiint \rho_D \cdot dV. \quad \text{Формула 3}$$

Вспомним теперь о двух великих математиках — Михаиле Васильевиче Остроградском и Карле Фридрихе Гауссе, точнее — об их теореме, доказывающей, что поток непрерывно-дифференцируемого векторного поля через замкнутую поверхность равен интегралу от дивергенции этого поля по объему, ограниченному этой

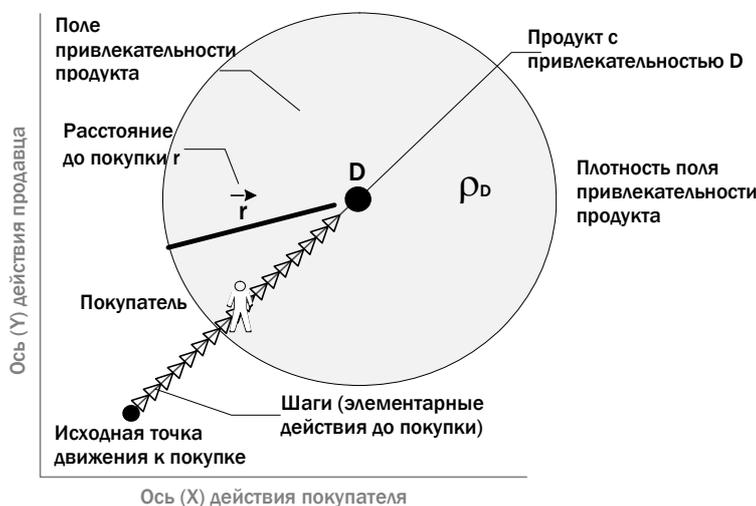


Рис. 9. Иллюстрация механизма дофаминового влечения покупателя к продукту

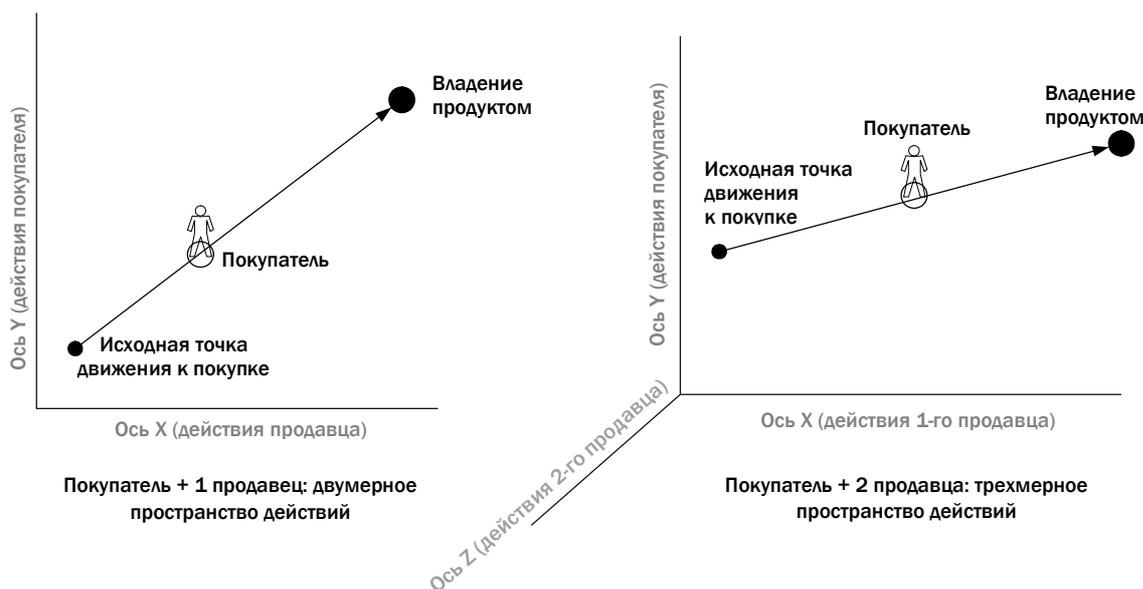


Рис. 10. Путь покупателя в случае с одним продавцом и в случае с двумя продавцами

поверхностью. А также используем теорему Гаусса для напряженности векторного поля, произведение дивергенции которой на константу равно плотности этого поля [3]. Т.е. в нашем двумерном случае, обозначив напряженность поля влияния продукта буквой  $E$ , получим:

Формула 4

$$\rho_D = \frac{1}{\alpha} \cdot \left( \frac{\partial E(x)D}{\partial x} + \frac{\partial E(y)D}{\partial y} \right) = \frac{1}{\alpha} \cdot \nabla \bar{E}_D$$

Здесь  $\alpha$  (альфа) — это некая нейрофизиологическая константа. Подставляя выражение для плотности  $\rho$  из формулы 4 в формулу 2, получим

Формула 5

$$D = \iint \frac{1}{\alpha} \cdot \nabla \bar{E}_D \cdot dS.$$

Теперь применим теорему Остроградского-Гаусса и перейдем от интеграла по поверхности к интегралу по контуру:

Формула 6

$$D = \iint \frac{1}{\alpha} \cdot \nabla \bar{E}_D \cdot dS = \frac{1}{\alpha} \cdot \oint \bar{E}_D \cdot \bar{\eta} \cdot dL.$$

Здесь  $\eta$  — единичный вектор нормали к контуру, а  $L$  — длина окружности радиуса  $r$ .

Воспользуемся понятием напряженности векторного поля, которая является отношением силы, действующей на точечное тело, к величине односторонней характеристики этого тела, благодаря которой оно воспринимает на себя воздействие векторного поля. Для поля гравитации такой характеристикой является масса, для электростатического поля — заряд. А в нашем случае такой односторонней характеристикой является мотивация покупателя  $m$ , так как влечение продукта влияет именно на нее.

Формула 7

$$\vec{E}_D = \frac{\vec{F}_D}{m}$$

Подставляя в формулу 6 вместо  $L$  выражение  $2\pi r$ , а также  $F/m$  вместо  $E \cdot \eta$ , имеем

Формула 8

$$D = \frac{1}{\alpha} \cdot \oint \bar{E}_D \cdot \bar{\eta} \cdot dL = \frac{2\pi}{\alpha \cdot m} \cdot \oint \bar{F}_D \cdot dr.$$

Вычислив последний интеграл на интервале от 0 до  $r$  и решив уравнение относительно  $F_D$ , приходим к искомой формуле:

Формула 9

$$F_D = \frac{\alpha}{2\pi} \cdot \frac{D \cdot m}{r}$$

Эта формула верна для двумерного пространства, в котором действует один покупатель и один продавец. В общем случае если мы имеем  $n$  продавцов, то пространство будет  $n+1$ -мерным, а формула 9 примет вид:

Формула 10

$$F_D = \frac{\alpha}{2\pi \cdot n} \cdot \frac{D \cdot m}{r^n}$$

Мы видим, что в зависимости от количества продавцов влияние длины пути до совершения покупки на силу влечения к продукту приобретает степенной вид. Отсюда следует первый важный вывод.

Вывод 1

С ростом количества продавцов, активно предлагающих по-

купателю один и тот же продукт, преимущество получает тот продавец, путь к которому от покупателя самый короткий. Причем с увеличением количества продавцов данное преимущество усиливается в степенной зависимости.

**Особенности модельного пространства, в котором происходит совершение покупки**

Давайте детальнее разберем, что представляет собой то пространство, в котором мы рассматриваем действия покупателя по совершению покупки (рис. 11).

Как уже упоминалось ранее, оно является пространством действий покупателя и продавца. Что же является простейшим действием покупателя? Или скажем по-другому: что можно принять за квант действия покупателя, который уже невозможно или бессмысленно делить на более мелкие шаги? В рамках предложенной модели длина покупательских траекторий измеряется в общем количестве нервных импульсов, связанных с совершением покупки. Поясним эту мысль.

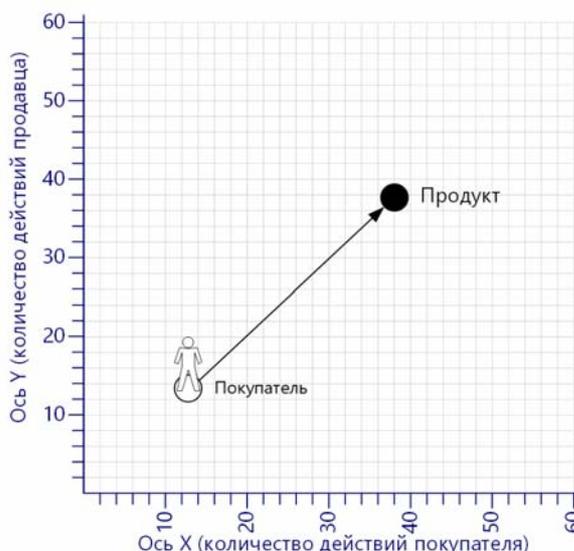


Рис. 11. Вид координатного поля на плоскости действий покупателя и продавца

Все достаточно просто. Человек воспринимает информацию своими органами чувств, в которых расположены так называемые граничные или сенсорные (чувствительные) нервные клетки, которые кодируют информацию и передают ее в нервную систему человека в виде нервного импульса. Нервный импульс проходит через ряд нервных волокон, соединенным в сеть синапсами, и достигает внутренних (так называемых, вставочных) нервных клеток головного и спинного мозга. В них происходит обработка зрительных, слуховых, тактильных, вкусовых ощущений, их осмысление, сопоставление с образами из памяти и принятие решений, которое выражается в виде переключения нервного сигнала на цепь выполнения действия. Нервный сигнал, поступающий от нейронов головного или спинного мозга, также проходит через цепочку синапсов, пока не достигает эффекторных нервных клеток, которые расположены в мышечной или железистой тканях.

И, так как мы рассматриваем поведение покупателя, моделируя действие его нервной системы с участием нейромедиаторов дофамина и серотонина, то простейшими действиями покупателя будут прохождения единичных нервных импульсов в его организме при движении к совершению покупки так, как это показано на рисунке 12.

Таким образом, ось *x* на рисунке 11 отображает количество полных прохождений нервных импульсов покупателя. А что в таком случае можно сказать про ось *y*? Эта ось отображает действия продавца. По всей видимости, для сохранения смысловой изотропии пространства в нашей модели это также нервные импульсы продав-

ца при выполнении продажи. А если речь идет об автоматизированных продажах, производимых торговым или иным оборудованием по заложенным в нем алгоритмам, то, скорее всего, таким элементарным действием мы назовем полное выполнение алгоритма программы от входящего воздействия, через его обработку и до исходящего действия. Если действия продавца и оборудования объединены в одну систему продаж, иногда представляющую сложную сеть взаимодействия человека, программного обеспечения и различных устройств, что в наше время наблюдается повсеместно, то, скорее всего, будет

целесообразным говорить об элементарном действии в рамках процесса продажи, что рассматривается при проектировании бизнес-процессов в сервис-дизайне. За такое элементарное действие здесь можно принять полное прохождение процедуры продажи от приема входящего сигнала от покупателя до исходящего действия, направленного на покупателя.

Тогда квадрат в рассматриваемом пространстве действий со сторонами, равными кванту действий покупателя и кванту действий продавца будет представлять собой единичный акт покупки (или купли-продажи, если хотите). (Рис. 13)



Рис. 12. Круговая схема прохождения полного нервного сигнала в ЦНС человека от воздействия нервного раздражителя до ответной реакции



Рис. 13. Увеличенное изображение единичной клетки на координатной плоскости модельного пространства, в котором происходит движение покупателя к покупке

Теперь попробуем ввиду этого разобраться в нейрофизиологическом смысле понятия привлекательности продукта  $D$ . Вернемся к формулам 2–8.

В формуле 7 показано, что напряженность векторного поля влечения продукта равна отношению силы этого поля, действующей на покупателя, к мотивации покупателя.

$$\vec{E}_D = \frac{\vec{F}_D}{m}$$

Разберемся с размерностью величин. Мотивация  $m$ , как уже упоминалось, представляет собой количество связанного на рецепторах дофамина при передаче нервного импульса. Это будет подробно доказано ниже. То есть  $m$  имеет размерность количества (количества единиц, шт. или количества вещества, моль). Сила в физике обычных явлений имеет размерность [масса] · [расстояние]/время<sup>2</sup>. Однако в нашем случае события происходят в пространстве действий, а еще точнее нервных импульсов, так что длина пути, который проходит покупатель, двигаясь к покупке, измеряется не метрами, а количеством нервных импульсов в его организме. Аналогом массы в данном случае является мотивация покупателя, которая измеряется в количестве связанного дофамина. Время остается не тронутым заменами. Итак, сила  $\vec{F}_D$  имеет размерность [кол-во связан. дофамина] · [кол-во нервных импульсов]/время<sup>2</sup>. Тогда напряженность векторного поля влияния продукта  $\vec{E}_D$  имеет размерность [кол-во нервных импульсов]/время<sup>2</sup>. Ее нейрофизиологический смысл в том, что она обозначает величину ускорения частоты нервных импульсов у покупателя, т.е. для скалярной величины

$$E_D = \frac{d^2N}{dt^2}. \quad \text{Формула 11}$$

Здесь  $N$  обозначено количество нервных импульсов. Более подробно этот тезис будет доказан в нижеследующем материале. Из формулы 8 мы имеем

$$D = \frac{1}{\alpha} \cdot \oint \vec{E}_D \cdot \vec{\eta} \cdot dL$$

$L$ , как уже отмечалось, — это длина замкнутого окружного контура вокруг продукта, которая равна  $2\pi r$ , где  $r$  — это расстояние до покупки (в количестве нервных импульсов покупателя или, по-другому, в количестве единичных актов покупки. Сам окружный контур вокруг продукта является ничем иным, как общим количеством возможных единичных актов покупки-продажи на удалении  $r$  нервных импульсов от продукта (или от точки совершения покупки). Это изображено на рисунке 14.

Исходя из этих уточнений, формула 8 примет вид:

Формула 12

$$D = \frac{1}{\alpha} \sum_{i=1}^{L(r)} \left( \frac{d^2N}{dt^2} \right)_i$$

Получается, что привлекательность продукта является суммой приращений частоты нервных импульсов по всем возможным единичным актам покупки, совершаемых во всех существующих точках контакта продукта с покупателем. Чем сильнее происходит прирост частоты нервных импульсов

и больше точек контакта, в которых покупатель может сделать шаг в сторону покупки продукта, тем выше привлекательность этого продукта.

Физиологическое проявление частоты нервных импульсов у человека проявляется в частоте сердечных сокращений, частоте дыхания и мышечном тонусе. Таким образом, мы получаем еще три важных вывода:

**Вывод 2**

*Привлекательность продукта  $D$  выражает способность этого продукта вызвать у человека увеличенное сердцебиение, учащенное дыхание и общий мышечный мобилизационный подъем при виде, упоминании или покупке этого продукта. Словом, если ваш продукт или бренд заставляет сердца ваших покупателей колотиться сильнее, то ваш продукт по-настоящему является привлекательным. Главное — не выходить за пределы физиологических норм.*

**Вывод 3**

*Привлекательность продукта  $D$  тем выше, чем многочисленнее входные точки контакта с ним в реальной жизни, в которых можно изучить или приобрести этот продукт.*

В виде данной интерпретации контура, проведенного вокруг продукта в пространстве действий,

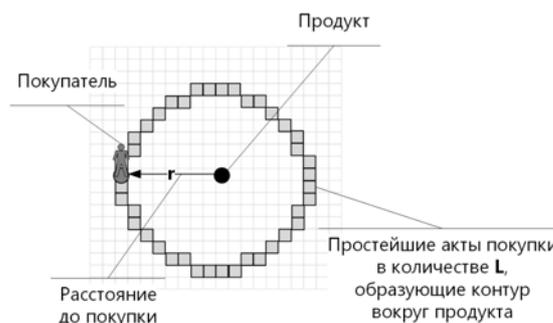


Рис. 14. Фактический (дискретный) вид замкнутого контура, проведенного вокруг продукта в модельном пространстве

в качестве совокупности точек контакта продукта (бренда) с потребителем получаем следующий вывод. Он касается расчета необходимого количества точек контакта.

**Вывод 4**

*Необходимое число точек контакта зависит от расстояния покупателя до покупки, прямо пропорционально ему и рассчитывается по формуле:*

Число точек контакта =  $2\pi \cdot r$   
 Расстояние до покупки в количестве нервных импульсов.

*По сути дела, это интерпретация равенства  $L = 2\pi r$ .*

*То есть чем удаленнее находится покупатель от точки совершения покупки продукта, тем больше должно быть количество точек контакта с ним. А при совершении покупки количество точек контакта должно сократиться до единицы.*

В этом присутствует явная параллель излагаемой модели потребительского поведения с методикой «Воронка продаж».

**Учет антагонизма нейромедиаторов в формуле для силы дофаминового влечения  $F_D$**

Уточним теперь формулу силы дофаминового влечения  $F_D$ .

Как уже упоминалось ранее, в организме человека существует так называемый антагонизм нейромедиаторов серотонина и дофамина. Он вызван действием 5-НТ2с-рецепторов, которые расположены в сосудистом сплетении желудочков мозга, эпителиальных клетках, выстилающих эти желудочки, гиппокампе, переднем обонятельном ядре, черной субстанции, в нескольких ядрах ствола мозга, миндалинах и носовых пазухах. Рецептор 5-НТ2с является одним из многих точек связыва-

ния серотонина и реагирует только на него, оставаясь инертным к дофамину. Активация этого рецептора серотонином ингибирует высвобождение дофамина и норадреналина в определенных областях мозга. Так, например, когда человек нюхает пищу, дофамин высвобождается для увеличения аппетита. В процессе принятия пищи высвобождается серотонин. Он активирует рецепторы 5-НТ2с в клетках, в которых происходит выработка дофамина, и это блокирует его высвобождение. Таким образом, рост концентрации серотонина в клетке в данном случае будет снижать аппетит. Конечно, механизм взаимодействия нейромедиаторов имеет более сложный характер, но в целом просматривается такая связь, что человек оказывается постоянно мотивированным (дофамин) на действия, которые приносят ему удовлетворение (серотонин). При низком уровне серотонина уровень дофамина высок, и человек чувствует себя неудовлетворенным. Он раздражителен, агрессивен, активно ищет способы выхода из состояния депривации и стремится достичь поставленной в связи с этим цели. При высоком уровне серотонина уровень дофамина, наоборот, низок, и человек спокоен, уравновешен, доволен, радостен, ни к чему не стремится, больше ничего не хочет и наслаждается результатом. В научной литературе мне не встретилась формула зависимости уровня дофамина от уровня серотонина, так что попробуем смоделировать, используя определенные упрощения.

Для этого умозрительно перенесем все рецепторы 5-НТ2с с поверхности всех постсинаптических мембран в организме человека на круговую площадку диаметром  $R$ , как это изображено на *рисун-*

*ке 15*. Также предположим для упрощения, что рецепторы могут связываться не только с молекулами серотонина, но и с молекулами дофамина. При этом рецепторы ближе к центру круга заняты серотонином, а ближе к периферии — дофамином. В нашем гипотетическом случае пусть дофамин и серотонин находятся в постоянном противоборстве за свободные рецепторы 5-НТ2с, и как только, например, серотонин освобождает часть рецепторов, дофамин их тут же занимает. Но серотонин имеет преимущество в этом противостоянии, и если к площадке поступает дополнительная порция серотонина, то дофамин вынужден освободить столько рецепторов, сколько необходимо для связывания этой поступившей порции серотонина.

**Ограничения модели рецепторного круга**

Под удовлетворенностью мы подразумеваем отсутствие состояния депривации, то общее настроение человека, ощущение радости, удовольствия, чувства исполненной потребности, чувство насыщения. Под неудовлетворенностью ощущение жажды, голода, дискомфорта или потребности в покупке продукта. Удовлетворенность или неудовлетворенность, в настоящей модели не

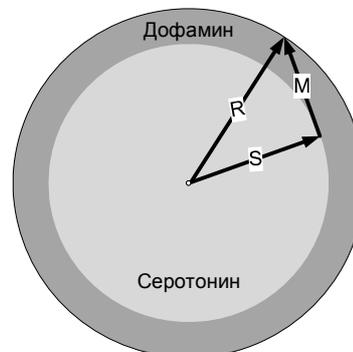


Рис. 15. Вид модели «рецепторного круга» для вывода формулы антагонизма нейромедиаторов

рассматривается как направленное чувство по отношению к конкретному предмету: товару, продавцу, магазину, сервису, которое может быть выраженным, например, в раздражении и претензиях к товару, продавцу, сервису. Мы более имеем в виду общее состояние удовлетворенности или неудовлетворенности человека. Например, ощущение жажды, голода, потребности в покупке продукта, ощущение радости или разочарования, общее настроение человека.

*Удовлетворенность в отличие от мотивации не имеет вектора направленности.*

Также отметим, что для того, чтобы модель антагонизма нейромедиаторов серотонина и дофамина, изображенная на рисунке 15, работала правильно, **поступление дофамина должно производиться постоянно, т.е. мотивация должна быть значимой.** Именно в этом случае будет иметь место эффект занятия пустых «посадочных мест» молекулами дофамина на рецепторном круге при их освобождении от молекул серотонина. Это может происходить только в случае явной потребности, заинтересованности и желания покупателя приобрести продукт. Если таковой мотивации нет, т.е. нет объекта в поле внимания покупателя, который стимулирует выработку дофамина, то при снижении удовлетворенности роста мотивации не произойдет, и модель перестанет работать.

*Иными словами, покупатель должен быть явно мотивирован на покупку продукта.*

### Вывод формулы антагонизма нейромедиаторов

Вся площадь рецепторов равна  $\pi R^2$ . Площадь поверхности, занятой серотонином, равна  $\pi S^2$ . Со-

ответственно, площадь рецепторов, занятая дофамином равна

Формула 13

$$\pi R^2 = \pi R^2 - \pi S^2.$$

Вынося  $\pi$  за скобку, видим, что в скобках остается выражение  $R^2 - S^2$ , что дает в прямоугольном треугольнике, где гипотенуза равна  $R$ , а один из катетов  $S$ , квадрат второго катета  $D^2$ . Сократив выражение на  $\pi$ , мы получаем простую формулу, выражающую соотношение серотонина и дофамина:

Формула 14

$$R^2 = S^2 + M^2.$$

В этой формуле

$R$  – радиус гипотетической круговой площадки, занятой рецепторами,

$S$  – радиус площадки, занятой молекулами серотонина,

$M$  – радиус площадки, занятой молекулами дофамина.

Очевидно и ранее, при описании влияния нейромедиаторов на поведение человека, показано, что мотивация является некоей функцией от количества дофамина связанного рецепторами дофамина, точнее площади, которую занимают эти рецепторы, то есть  $m \sim M$ . Также и удовлетворенность является функцией от количества серотонина, связанного рецепторами, то есть  $s \sim S$ .

Попробуем вывести вид зависимости  $m$  от  $M$ , используя разложение ее в ряд Тейлора степеням  $M - M_0$ , оставив в ней только первый ненулевой член. При этом  $M_0 = 0$ .

В нашем случае это разложение функции в ряд выглядит так:

Формула 15

$$m(M) = m(M_0) + \frac{1}{1!} \cdot m'(M_0) \cdot (M - M_0) + \frac{1}{2!} \cdot m''(M_0) \cdot (M - M_0)^2 + \dots + \frac{1}{n!} \cdot m^{[n]}(M_0) \cdot (M - M_0)^n + \dots$$

Проанализируем элементы этого ряда. Сперва изобразим пред-

полагаемый вид зависимости  $m(M)$  графически (рис. 16).

1.  $m(M_0)$  – значение мотивации покупателя при  $M_0 = 0$ , т.е. при нулевом количестве связанного дофамина и максимальном количестве связанного на рецепторах серотонина. Такое состояние человека, как уже отмечалось ранее, говорит о том, что человек находится в состоянии удовлетворенности, что он добился желаемого результата и более ни к чему не стремится. Уровень мотивации полностью удовлетворенного человека равен нулю. Иными словами, будет истинным следующее равенство:  $m(M_0) = 0$ , где также  $M_0 = 0$ . Итак, первый член ряда равен нулю.

2.  $m'(M_0)$  – первая производная зависимости  $m(M_0)$  в точке  $M_0 = 0$ . Производная  $dm/dM$  обозначает скорость изменения мотивации покупателя с изменением числа связанного дофамина в точке полного удовлетворения покупателя. Это желанное состояние человека, к которому он стремится и которое силится сохранить как можно дольше. Как уже ранее описывалось, это состояние покоя и безмятежности. Человек, находясь в нем, благорасположен ко всему



Рис. 16. Примерный вид зависимости величины мотивации от радиуса площади на рецепторном круге, занятой связанными молекулами дофамина

и мало восприимчив ко внешним раздражителям. Он испытывает эдакое состояние сытости, чувствительность мотивации к изменению уровня дофамина (и, соответственно, серотонина) в этой точке нулевая. То есть  $m'(M_0) = 0$ . Итак, второй член тоже равен нулю.

3.  $m''(M_0)$  – вторая производная зависимости  $m(M_0)$  в точке  $M_0 = 0$ . Исходя из описания поведения функции  $m(M_0)$  в точке  $M_0 = 0$ , в ней мы имеем некую точку минимума  $m$ . Как известно из алгебры, в точках минимума вторая производная не равна нулю и положительна. Итак, третий член ряда не равен нулю. Обозначим  $m''(D_0)$  как некоторый коэффициент  $k$ .

Запишем получившийся ряд.

Формула 16

$$m(M) = m(M_0) + \frac{1}{1!} \cdot m'(M_0) \cdot (M - M_0) + \frac{1}{2!} \cdot m''(M_0) \cdot (M - M_0)^2 = 0 + 0 + \frac{1}{2!} \cdot m''(M_0) \cdot M^2 = \frac{k}{2} \cdot M^2.$$

Здесь в формуле вторая производная  $m''(M_0)$  принята как постоянная величина и обозначена буквой  $k$ .

В итоге

Формула 17

$$m(M) = \frac{k}{2} \cdot M^2.$$

Выразим  $m$  через уровень серотонина  $S$ , используя формулу 14.

$$m = \frac{k}{2} \cdot M^2 = \frac{k}{2} \cdot (R^2 - S^2) = \frac{k}{2} \cdot R^2 - \frac{k}{2} \cdot S^2.$$

Обозначим  $kR^2/2$  как  $m_{\max}$ , то есть максимальное значение, которое может принимать мотивация покупателя. Тогда

Формула 18

$$m = m_{\max} - \frac{k}{2} \cdot S^2.$$

Итак, разложение функции  $m(M)$  в ряд Тейлора дало нам нуж-

ное уточнение значения мотивации покупателя.

Предположим, что мотивация  $m$  – это количество молекул дофамина, условно захваченных рецепторами 5-НТ2с. Обозначим это количество дофамина  $n_M$  и допустим, что **радиус одного рецептора 5-НТ2с, захватившего молекулу дофамина, равен  $r_0$** . Примем радиус одного рецептора 5-НТ2с  $r_0$  за физиологическую константу, не зависящую от того, какую молекулу он связывает – серотонин или дофамин. Тогда, как мы предположили

Формула 19

$$m = n_M$$

И справедливо равенство

Формула 20

$$\pi r_0^2 \cdot n_M = \pi M^2.$$

То есть площадь кольца на круговой поверхности, занимаемой рецепторами 5-НТ2с, на которых условно расположились молекулы дофамина, равна суммарной площади всех  $n_M$  молекул дофамина. Величина  $\pi r_0^2$  – это площадь одной молекулы связанного дофамина, которую мы принимаем за круг на поверхности, занятой рецепторами 5-НТ2с. Выражая  $n_M$  из формулы 20, получим:

Формула 21

$$m = n_M = \frac{M^2}{r_0^2}.$$

Сравнивая формулы 17 и 21, получим, что

$$m = n_M = \frac{k}{2} \cdot M^2 = \frac{M^2}{r_0^2}.$$

А

Формула 22

$$k = \frac{2}{r_0^2}.$$

Еще раз отметим, что в нашей модели радиусы молекул дофамина и серотонина, связанные на рецепторе, можно принять равными друг другу, так как их размещение на поверхности с 5-НТ2с-

рецепторами определяется только радиусом «посадочного места» самих рецепторов, который мы обозначили  $r_0$ . Используя выражение для  $k$  из формулы 22, перепишем формулу 18 в виде:

Формула 23

$$m = m_{\max} - \frac{S^2}{r_0^2}.$$

Теперь по аналогии с формулой 21 выразим удовлетворенность  $s$  через количество связанного на рецепторах серотонина  $S$ .

Формула 24

$$S = n_S = \frac{S^2}{r_0^2}.$$

Подставляя новое значение  $S$  из формулы 24 в формулу 23, получим искомое и простое выражение для мотивации  $m$  через удовлетворенность  $s$ . В итоге мы получаем замечательную формулу, связывающую мотивацию с удовлетворенностью:

Формула 25

$$m = m_{\max} - s.$$

Для нашего формульного вывода с целью учета антагонизма нейромедиаторов в формуле для силы дофаминового влечения  $F_D$  подставим полученное выражение  $m$  в формулу 9.

Формула 26

$$F_D = \frac{\alpha}{2\pi} \cdot \frac{D \cdot (m_{\max} - s)}{r}.$$

В формуле  $\alpha$  и  $m_{\max}$  – это нейрофизиологические константы. Причем

Формула 27

$$m_{\max} = \frac{R^2}{r_0^2}$$

$D$  – привлекательность продукта,  $s$  – текущая удовлетворенность покупателя,  $r$  – расстояние до покупки, измеряемое количеством нервных импульсов покупателя.

Таким образом, мы ушли от использования трудноизмеримой

мотивации покупателя  $m$  и заменили ее на базовое понятие удовлетворенности  $s$ .

При этом важно отметить, что, ввиду полученной интерпретации привлекательности продукта  $D$  (см. вывод 2) и мотивации  $m$  (см. формулу 21), проясняется и смысл произведения  $D \cdot m$  (привлекательности на мотивацию) в формуле 9.

**Вывод 5**

**Привлекательность продукта  $D$ , как особенность продукта увеличивать частоту прохождения нервных импульсов у покупателя, может быть реализована только при взаимодействии с мотивацией покупателя  $m$ , так как последняя является мерой количества дофамина, участвующего при передаче нервного импульса, который как раз и выполняет нейромедиаторную функцию, дающую увеличение частоты прохождения нервных импульсов.** То есть  $D$ , как бы отражает силу сигнала на графике иллюстрации 4, а  $m$  является инструментом для совершения действия в ответ на сигнал.

**Вывод 6**

Таким образом, **мотивация и удовлетворенность являются безразмерными величинами и физически соответствуют количествам захваченных рецепторами молекул нейромедиаторов дофамина и серотонина соответственно при передаче нервного сигнала в синапсах покупателя.**

Примечательна величина  $m_{\max}$ . Она любопытна тем, что равна  $R^2/r_0^2$ . Если  $r_0^2$  для всех людей можно без сомнения принять за константу, так как размеры молекул или рецепторов — это данность, подаренная нам природой, то  $R^2$  — может отличаться от че-

ловека к человеку, обозначая индивидуальные различия в реакции на внешние раздражители и динамике психосоматических процессов. Речь идет о размере «поляны», занятой рецепторами, чувствительными к серотонину или дофамину. Если эта «поляна» большая, то это отражается на поведении человека. Они становятся более устойчивым, выдержанным, постоянным и более инерционным. Можно даже сказать, что чем больше у человека величина  $R$ , тем крепче его нервная система. У него продолжительнее реакции на внешние возбуждения, но при это и состояние удовлетворенности длится дольше и является более устойчивым.

На самом деле разность в величинах  $R_2$  у людей физиологически проявляется в разной длине гена  $DRD_4$ , который кодирует белок-рецептор к дофамину четвертого типа  $D_4$ . Дело в том, что длинные варианты рецептора  $D_4$  реагируют на дофамин хуже, чем короткие. Всего встречается белок-рецептор  $D_4$  с двумя ( $2R$ ), четырьмя ( $4R$ ) и семью ( $7R$ ) повторами. Ученые заметили, что аллель  $7R$  дает своим носителям довольно четкие, статистически значимые поведенческие отличия от обладателей других вариантов гена  $DRD_4$ . Ввиду того, что длинный белок-рецептор  $D_4$  реагирует на дофамин слабее, его обладателям требуется в среднем более сильные стимулы для достижения цели. У них сильнее, чем у других людей, выраже-

но стремление к поиску новых ощущений, им свойственна повышенная импульсивность, гиперактивность, им требуются более амбициозные цели для мотивации. Поэтому ген  $DRD_4$ , который отвечает за длину белок-рецептор  $D_4$ , и получил название «гена авантюризма». Генетики даже обнаружили, что в племенах, которые в прошлом вели кочевой, охотничий образ жизни, «ген авантюризма» встречается чаще, чем у оседлых народов, издавна занимавшихся сельским хозяйством.

**Сила серотонинового отклонения  $F_s$**

Рассмотрим движение покупателя по пути к покупке. В зависимости от мотивации и уровня удовлетворенности он может совершать шаги, направленные как в направлении к совершению покупки, так и от нее. Например, встретив какое-либо препятствие на пути к покупке выбранного продукта, например, длинную очередь, отсутствие нужного вида оплаты, перерыв на обед, некомпетентный ответ продавца и так далее, покупатель может повременить или совсем отказаться от покупки.

Для упрощения допустим, что покупатель, двигаясь к продукту, движется по прямой линии, а его положение можно описать координатой  $x$ . Начальное положение можно обозначить за  $x_0$ , а все остальные за  $x_1, x_2, \dots, x_N$  [4]. (Рис. 17).

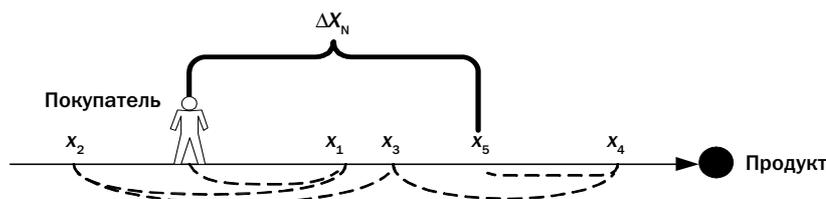


Рис. 17. Примерный вид передвижений покупателя на пути к покупке под действием силы серотонинового отклонения

Также обозначим расстояния перемещения покупателя через  $\lambda$ . Длина первого шага  $\lambda_1 = x_1 - x_0$ , длина второго шага  $\lambda_2 = x_2 - x_1$  и так далее. Предположим, что шаги совершаются независимо друг от друга, а их распределение симметрично по  $x$ . Результирующее смещение за  $N$  шагов равно:

$$\Delta x_N = \sum_{i=1}^N \lambda_i.$$

Проведем усреднение по большому количеству шагов покупателя. Симметричность шагов означает, что среднее смещение равно нулю:  $\langle \lambda_i \rangle = 0$  и  $\langle \Delta x_N \rangle = 0$ . Выразим средний квадрат смещения:

Формула 28

$$\langle \Delta x_N^2 \rangle = \sum_{i=1}^N \langle \lambda_i^2 \rangle + \sum_{i \neq j} \langle \lambda_i \cdot \lambda_j \rangle.$$

В силу независимости шагов при  $i \neq j$  и их симметричности сумма перекрестных членов (второе слагаемое) обращается в нуль:

$$\langle \lambda_i \cdot \lambda_j \rangle = \langle \lambda_i \rangle \cdot \langle \lambda_j \rangle = 0.$$

А поскольку шаги распределены одинаково:

$$\langle \lambda_i^2 \rangle = \langle \lambda^2 \rangle.$$

Таким образом, можно записать:

Формула 29

$$\langle \Delta x_N^2 \rangle = N \cdot \langle \lambda^2 \rangle.$$

Что означает формула 29? Она говорит о том, что квадрат отклонений покупателя от первоначальной позиции на пути к покупке, связанных с его удовлетворенностью или неудовлетворенностью, зависит от количества шагов или действий, совершенных покупателем. То есть чем большую активность проявляет покупатель, тем дальше он продвинется в сторону к покупке, если его удовлетворенность будет повышаться, и, наоборот, в сторону от покупки, если его удовлетворенность будет падать. Величина  $\lambda$  здесь является постоянной и равна одному нервному

импульсу покупателя. Полагаю, далее ее можно просто принять за единицу.

Перепишем формулу 29, заменив  $\Delta x_N^2$  на  $\Delta x^2$  и взяв от обеих частей равенства квадратный корень.

Формула 30

$$\Delta x = \lambda \cdot \sqrt{N}.$$

В формуле 30  $\Delta x$  обозначает отклонение покупателя при движении к покупке под действием его уровня удовлетворенности.  $N$  в той же формуле — это количество элементарных шагов, совершенных покупателем, а в рамках данной модели — количество нервных импульсов. Теперь нам нужно сделать важный переход с тем, чтобы показать, как происходит считывание нервного импульса круговой рецепторной площадки, изображенной на рисунке 15.

Для построения модели упростим шаги-решения покупателя до дихотомии «вперед» — «назад», то есть решения двигаться ли вперед к покупке или повернуть назад и покупку не совершать. На практике таких движений покупателя «вперед» — «назад» мы можем встретить довольно много. Наиболее распространенные из них — это реакция на цену продукта. Дешево — берем, дорого — отказываемся от покупки.

Итак, как связать шаги-решения покупателя «вперед» — «назад» с моделью антагонизма нейромедиаторов? Имеется в виду тот самый серый круг с рецепторами 5-НТ2с (см. рис. 15), часть их которых захватила серотонин, а другая часть дофамин. Чтобы ответить на этот важный вопрос, снова углубимся в нейробиологию и вспомним, как происходит передача нервного импульса. Как уже упоминалось выше, физиологи утверждают, что передача импуль-

са между нервными клетками происходит в синапсах химическим путем с помощью соответствующих нейромедиаторов (см. рис. 7).

Нейромедиатор в пресинаптической мембране находится в синаптических пузырьках (так называемых везикулах). Каждый такой пузырек содержит около 5 000 молекул нейромедиатора. При поступлении электрического импульса пресинаптическая мембрана деполаризуется, а прикрепленные к ней синаптические пузырьки с нейромедиаторами лопаются и поступают в синаптическую щель толщиной 20–50 нм, достигая постсинаптической мембраны. Там они захватываются соответствующими рецепторами. Для каждого нейромедиатора существует только с ним сопряженный рецептор, который его может захватить. Захват нейромедиатора рецептором реполяризует теперь уже постсинаптическую мембрану, создавая на ней разность потенциалов, которая генерирует электрический импульс, направляемый далее к следующему синапсу.

Таким образом, нейромедиатор подается на рецепторы порционно в синаптических пузырьках. Также порционно он считывается. При этом полное прохождение нервного импульса от его возбуждения до конечной клетки будет проходить через все промежуточные синапсы и задействует все используемые в этом процессе молекулы нейромедиатора и соответствующие ему рецепторы.

В нашей модели мы разместили все рецепторы 5-НТ2с к серотонину, участвующие в полном прохождении нервного импульса в организме человека, на условной круглой площадке с радиусом  $R$ . Таким образом, полное

прохождение нервного импульса будет соответствовать считыванию или, точнее сказать, штучному пересчету рецепторов, занятых серотонином и дофамином, расположенных на нашей условной круглой площадке, занятой рецепторами 5-HT<sub>2c</sub>. Это считывание количества нейромедиатора на нашем рецепторном круге будет происходить так же, как пробегание радиальной полосы по экрану радара. Полный круг считывания будет соответствовать полному прохождению нервного импульса или одному шагу-решению покупателя.

Сделаем один промежуточный вывод из формулы 30.

Используем величину  $dN/dt$ , частоту нервных импульсов или элементарных шагов покупателя, о которой упоминалось ранее, и перепишем правую часть формулы 30 иначе.

Формула 31

$$\Delta x = \lambda \cdot \sqrt{\frac{dN}{dt} \cdot t}.$$

Также продифференцируем выражение 31 по  $dt$ , приняв, что  $dN/dt = v_N = const$ . Это важное допущение ( $v_N = const$ ) мы сделали ввиду того, что за бесконечно малое время  $dt$ , за которое совершается шаг покупателя к покупке  $dx$ , частота нервных импульсов  $dN/dt$ , которую мы обозначили также  $v_N$ , остается неизменной. То есть пока покупатель делает один простейший шаг к покупке, равный одному нервному импульсу, скорость прохождения этого нервного импульса остается неизменной. А вот следующий нервный импульс уже может проходить и с большей и с меньшей скоростью. Изменение  $dN/dt$  со временем, которое действительно происходит, мы учтем несколько иначе, что будет показано ниже.

В итоге

Формула 32

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\lambda}{2} \cdot \sqrt{\frac{v_N}{t}}.$$

Отсюда еще один вывод.

*Вывод 7*

*Чем дальше вы оставляете своего покупателя без внимания и воздействий по продаже, примененных к нему, тем дальше он самостоятельно отклоняется от первоначального положения относительно покупки продукта. И с вероятностью 50 : 50% он может как совершить покупку, так и отказаться от нее, уйдя к конкуренту. Причем в первые моменты покупки эта скорость наибольшая, а с течением времени скорость удаления покупателя от исходной точки на пути к покупке снижается. Поэтому наиболее критичны первые минуты продажи в том, чтобы удержать покупателя и направить его по пути совершения покупки.*

**Построение модели формирования нервного импульса путем считывания с рецепторов**

Снова изобразим наш рецепторный круг (рис. 18). Нас будет интересовать только считывание области, занятой серотонином, так как количество молекул дофами-

на, связанных рецепторами и площадь, которую они занимают, можно легко выразить через те же величины для серотонина.

Итак, из нейробиологии мы знаем, что поступление нейромедиаторов в синаптическую щель и их считывание происходит порционно и последовательно от синапса к синапсу по мере продвижения нервного импульса. Для нашей модели с рецепторным кругом это будет соответствовать последовательному считыванию рецепторов сектор за сектором, как это изображено на рисунке выше. Изобразим этот процесс в виде формулы, воспользовавшись символьной записью площади сектора для угла  $\alpha$ , выраженного в радианах:

Формула 33

$$dn = \frac{S^2}{2\pi r_0^2} \cdot d\alpha.$$

Здесь

- $S$  — диаметр круговой поверхности, занятой рецепторами с захваченными ими молекулами серотонина,
- $\alpha$  — угол сектора, соответствующего нейромедиаторному пузырьку, в радианах,
- $r_0$  — диаметр круговой площадки, занимаемой одним рецептором,
- $n$  — суммарное количество нейромедиаторов в секторе с углом  $d\alpha$  (или в нейромедиаторном пузырьке).

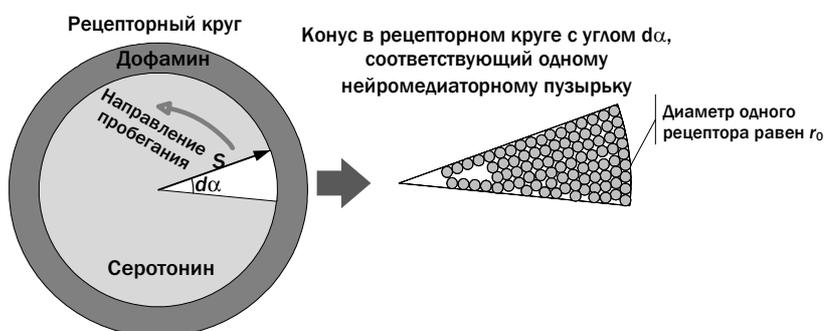


Рис. 18. Иллюстрация модели, описывающей процессы прохождения нервного импульса

В формуле 33 количество серотонина, содержащегося в секторе радиуса  $S$  с углом  $\alpha$ , мы получили, разделив площадь этого сектора  $(S^2 \cdot d\alpha)/2$  на площадь одного рецептора с молекулой серотонина  $\pi \cdot r_0^2$ .

Так как мы рассматриваем процесс в динамике, то продифференцируем обе стороны формулы 33 по  $dt$ .

Формула 34

$$\frac{dn}{dt} = \frac{S^2}{2\pi r_0^2} \cdot \frac{d\alpha}{dt} = v.$$

Здесь  $v$  (ню) — скорость считывания серотонина, захваченного рецепторами. Примем ее в качестве постоянной физиологической величины.

Проинтегрируем обе части уравнения формулы 34 с тем, чтобы выразить через переменные значение полного цикла считывания серотонина на рецепторном круге  $T$ .

$$\int_0^{2\pi} \frac{S^2}{2\pi r_0^2} \cdot d\alpha = \int_0^T v \cdot dt.$$

Решив этот интеграл, получим

Формула 35

$$\frac{S^2}{r_0^2} = v \cdot T.$$

Подставим выражение для удовлетворенности  $s$  из формулы 24 и получим

Формула 36

$$s = v \cdot T$$

Как видим, период считывания прямо пропорционален удовлетворенности покупателя. Чем выше удовлетворенность, тем медленнее покупатель совершает шаги на пути к покупке.

Исходя из модели считывания рецепторов, которую мы приняли выше, следует, что частота считывания, равная величине обратной периоду считывания,  $1/T$  эквивалентна частоте шагов-решений покупателя  $dN/dt$ . То есть

Формула 37

$$\frac{dN}{dt} = \frac{1}{T} = \frac{v}{s} = v \cdot N.$$

Итак, мы нашли зависимость частоты элементарных шагов покупателя (напоминаю, что имеются в виду нервные импульсы) от степени его удовлетворенности.

Осталось совсем немного. Нужно связать формулу 37 с формулой 32, отражающей серотониновое отклонение на пути, ведущем к совершению покупки. Подставим выражение для  $dN/dt$ , то есть  $(v_N)$ , из формулы 37 в формулу 32, обозначим  $dx/dt$  как  $v$ :

Формула 38

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{\lambda}{2} \cdot \sqrt{\frac{v}{s \cdot t}}.$$

Что нам показывает формула 38? Она говорит о том, что скорость, с которой покупатель удаляется от своей первоначальной точки на пути к покупке под действием силы серотонинового отклонения, то есть вследствие изменения степени своей удовлетворенности или неудовлетворенности во время своего движения к покупке обратно пропорциональна квадратному корню уровня удовлетворенности и времени. Таким образом, чем выше удовлетворенность человека и продолжительность путешествия покупателя к точке приобретения продукта, тем меньше он отвлекается от своего пути и обращает внимания на препятствия на нем, если они не сильно снижают его удовлетворенность. И, наоборот, в самом начале пути к покупке и при низких уровнях начальной удовлетворенности нервозность покупателя постоянно сталкивает его с пути по направлению к покупке, и покупатель активно ищет другие возможные пути приобретения привлекшего его продукта. В целом, оставив покупателя надолго

одного, продавец рискует через некоторое время этого покупателя потерять из виду, о чем мы, собственно, и говорили в выводе №7.

**КИНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ПОКУПАТЕЛЯ К ПОКУПКЕ**

Настало время формально выразить полный баланс сил, оказывающих влияние на покупателя на его пути к покупке.

Итак, мы смогли определить скорость, которую придает покупателю уровень его текущей удовлетворенности (или неудовлетворенности). Однако нам нужно найти силу  $F_s$ , так же как мы прежде нашли силу дофаминового влечения  $F_D$ . При поиске силы  $F_D$  мы использовали аналогию с полями напряженности, взятой из теории гравитации или электростатики. Эта сила восходит к выражению потенциальной энергии поля напряженности. В случае с силой  $F_s$  прибегнем к аналогии с кинетической энергией. Так как текущий уровень удовлетворенности покупателя  $s$  влияет на изменение его скорости движения  $v$  к точке совершения покупки, то он также влияет и на изменение «кинетической» энергии нашего покупателя. Запишем выражение для работы по изменению кинетической энергии через действие силы  $F_s$ . При этом, что важно, в качестве меры инерции будем использовать величину удовлетворенности  $s$ , так как она соответствует количеству серотонина в нервных клетках, который придает человеку состояние пассивности и умиротворенности, притупляя устремления и желания, что в нашем случае соответствует понятию инерции. Исходя из таких же аналогий, мы использовали величину мотивации  $m$ , когда выводили формулу для

силы, обозначающей увлеченность, устремленность, обеспокоенность и возбужденность человека, желающего приобрести понравившийся и привлекший его продукт. Используем классические выражения для работы:

Формула 39

$$A = \int s \cdot v \cdot dv = \int F_s \cdot dx.$$

Подставим в формулу 39 выражение для  $v$  из формулы 38, вычислим интегралы от обеих частей и выразим  $F_s$ . В итоге получим:

Формула 40

$$F_s = \frac{v \cdot \lambda^2}{8t} \cdot \frac{ds/dx}{s}.$$

Полученная формула очень интересна. Заметьте, она показывает, что знак силы  $F_s$  зависит от знака производной  $ds/dx$ , то есть от того, растет ли удовлетворенность покупателя на пути к покупке или падает. Если она растёт, то сила  $F_s$  положительна и способствует тому, чтобы покупатель скорее совершил покупку, если же она отрицательная, то сила  $F_s$ , наоборот, препятствует покупателю. В общем-то, это выглядит вполне логичным. Ведь в реальности если покупатель встречает на пути к покупке только бонусы, да поощрения, то он понимает, что идет по правильному пути и делает к покупке шаг за шагом. А если на пути к покупке покупателя встречают только разочарования и нервотрепка, то, разумеется, он поворачивает обратно и отказывается от покупки продукта (по крайней мере, в этом магазине или у этого бренда).

Для удобства объединим произведение констант в формуле 40 в одну:

$$\beta = \frac{v \cdot \lambda^2}{8}.$$

Теперь объединим формулы 1, 26 и 40 в одну и выразим результирующую силу, как сумму  $F_D$  и  $F_s$

$$F = \frac{\alpha}{2\pi} \cdot \frac{D \cdot (m_{\max} - s)}{r} + \frac{\beta}{t} \cdot \frac{ds/dx}{s}.$$

Это и есть искомая заключительная формула.

Обратим внимание, что при росте удовлетворенности обе составляющие итоговой силы уменьшаются, правда, каждая по своему закону. Левая — линейно, а правая — по гиперболе, то есть более круто. Однако левая часть обратно пропорциональна расстоянию покупателя до момента совершения покупки, правая — с расстоянием связана лишь опосредованно через  $ds/sx$ , но зато обратно пропорциональна времени, которое покупатель тратит на покупку.

Сделаем еще несколько выводов из полученного выражения.

**Вывод 8**

*Полученная формула идеально подходит для формирования профиля удовлетворенности покупателя при разработке покупательских траекторий (или как говорят на Западе, путешествий). Она позволяет подобрать и построить наиболее благоприятные конфигурации изменения удовлетворенности покупателя на различных этапах совершения покупки при разных входных значениях удовлетворенности и привлекательности продукта.*

**Вывод 9**

*Формула вводит нейрологически обоснованное понятие удовлетворенности покупателя, которое выражается через количество нейромедиатора серотонина, участвующего в передаче нервных импульсов человека, связанных с процессом совершения покупки. Удовлетворенность измеряется в единицах или количестве вещества (молях) и может быть экспери-*

*ментально рассчитана при определенных допущениях и на основании средних физиологических данных человека.*

**Вывод 10**

*Формула также располагает таким параметром, как расстояние до покупки, и позволяет измерять длину покупательских траекторий или путешествий. Длина покупательских траекторий измеряется в общем количестве нервных импульсов, связанных с совершением покупки. Это выведено из нейрофизиологии человека и показано, что один элементарный шаг покупателя к покупке эквивалентен одному нервному импульсу, прошедшему через сеть нейронов человека при его движении к совершению покупки продукта. При должной аккуратности и доскональности это количество можно учесть и подсчитать для любой покупательской траектории опытным путем.*

Предлагаю в конце статьи, раз уж мы проводим параллели между поведением покупателя и поведением броуновской частицы или молекулы идеального газа, рассмотреть аналогию удовлетворенности с термодинамическими величинами. Например, с температурой.

Как известно из термодинамики, средняя квадратичная скорость молекул идеального газа равна:

$$\langle v_M^2 \rangle = 3kT/m_M.$$

А средняя квадратичная скорость покупателя при его движении к покупке в соответствии с формулой 38 равна

$$\langle v^2 \rangle = \beta/s \cdot t.$$

Таким образом,

$$3kT/m_M \sim \beta/s \cdot t.$$

Отсюда следует еще один вывод, может быть не столь важный, но тем не менее полезный для проведения продаж. Как видим, температура и удовлетворенность — это обратно пропорциональные величины.

#### Вывод 11

Так называемыми «горячими» являются покупатели в самом

начале пути к покупке или в самые первые минуты после получения стимулов на пути к покупке, а также покупатели с низкой величиной общей текущей удовлетворенности. Простыми словами самыми горячими клиентами кафе являются голодные и только что вошедшие посетители.

Соответственно, «холодными» покупателями являются те, чья удовлетворенность в настоящий момент высока, а время, прошедшее с последнего стимула, велико. По аналогии с тем же кафе холодными клиентами являются сытые посетители, уже собравшиеся на выход.

#### ИСТОЧНИКИ

1. Сидоров А.В. Физиология межклеточной коммуникации. — Минск: БГУ, 2008. — 215 с.
2. Эткин В.А. Термодинамический вывод закона тяготения Ньютона // Журнал «Самиздат», 2004.
3. Яворский Б.Ф., Детлаф А.А. Справочник по физике: 4-е издание, исправленное — Москва: Наука, Физматлит, 1996. — 264 стр.
4. Попов П.В. Диффузия: Учебно-методическое пособие по курсу «Общая физика» — Москва: МФТИ, 2016. — 94 стр.

### Neurophysiological Model of Consumer Behavior

#### Zverev Dmitry Magomedovich,

Marketing analyst, member of the Guild of Marketers, individual entrepreneur; Khabarovsk str. 27, of. 78, Moscow, Russia, 107065 (mlab@bk.ru)

The model of consumer behavior, presented by the author on the basis of human neurophysiology, is the latest development in the field of neuromarketing, offering marketers a mathematical apparatus for modeling the behavior of customers when choosing a product, their movement to purchase it, responding to barriers and incentives on the way to buying a product. It is based on the mathematical formalization of neurochemical processes that act in the human body when performing directed actions, such as buying a product. The model accurately describes such hitherto complex concepts as customer satisfaction, product attractiveness, using the concepts of neurophysiology and providing practicing marketers with the tools to measure them. The model has a wide application use. Using marketing methods of measurements created on the basis of the proposed model, marketers can directly measure the force of attraction of any product, brand, and lead its comparison with analogs, to test the impact on a purchaser of promotional materials, advertising campaigns, locations on the trading floor and design of POS-materials. Especially useful is the model for mapping consumer experience and purchase trajectories, which is paramount in the marketing of services.

The closest analogue of the model is the development of Israeli-American psychologist Daniel Kahneman, one of the founders of behavioral Economics. However, the model proposed by the authors makes a qualitative transition from descriptive psychology of human behavior to computational psychology. The main conclusion of the article is that consumer behavior is completely modeled by neurophysiological dependencies.

The proposed mathematical model of consumer behavior will be useful for marketers-analysts, specialists in sales, advertising and work with key customers.

**Keywords:** neuromarketing; consumer behavior; mathematical model; neurotransmitters; model of buyer's movement to purchase.

#### REFERENCES

1. Sidorov, A.V. (2008) *Physiology of intercellular communication*. Minsk: BSU Publ., 2008, 215 p.
2. Etkin, V.A. (2004) Thermodynamic derivation of Newton's law of gravity. *Samizdat magazine*, 2004.
3. Yavorsky, B.F.; Detlaf, A.A. (1996) *Physics Handbook: 4th Edition*. Moscow: Science, Fizmatlit Publ., 1996, 264 p.
4. Popov, P.V. (2016) *Diffusion: A teaching aid for the course «General Physics»*. Moscow: MIPT Publ., 2016, 94 p.