



УДК101

Сафронов Алексей Владимирович

Кандидат технических наук,

факультет Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, соискатель,
safronov.philosophy@mail.ru**Alexey V. Safronov**Candidat of Technical Sciences, Faculty of Lomonosov Moscow State University, applicant,
safronov.philosophy@mail.ru

ГРАДАЦИЯ ФОРМ РАЗДРАЖИМОСТИ И ВОЗБУЖДЕНИЯ: ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ПУТЬ ОТ ПРОСТЕЙШИХ РЕАКЦИЙ К СОЗНАНИЮ

GRADATION OF FORMS OF IRRITABILITY AND AROUSAL: THE EVOLUTIONARY PATH FROM THE SIMPLEST REACTIONS TO CONSCIOUSNESS

Аннотация. В статье представлена эволюционная модель градации форм раздражимости и возбуждения, описывающая развитие от простейших реакций одноклеточных организмов до сложных форм сознания у человека. Раздражимость рассматривается как фундаментальное свойство живого, эволюционирующее через стадии протобиотической, рефлекторной, ассоциативной, интегративной и высшей раздражимости. Сознание, впервые возникшее около 500 млн лет назад у позвоночных с условными рефлексами, интерпретируется как «чувство смысла», повышающее адаптивность через формирование устойчивых нейронных связей в переднем мозге. На основе гипотезы обучения показано, что сознание усиливает нейронную пластичность, обеспечивая интеграцию сенсорной и моторной информации. Модель сравнивается с альтернативными подходами, включая эволюционную психологию, нейрофеноменологию и теорию глобального рабочего пространства, подчеркивая уникальность нейробиологической детализации и эмпирической ориентированности.

Ключевые слова: раздражимость, эволюция сознания, гипотеза обучения, условный рефлекс, высшая нервная деятельность, нейронные корреляты сознания, нейронное делегирование, адаптивность

Abstract. The article presents an evolutionary model of the gradation of irritability and excitation, tracing the development from basic reactions in unicellular organisms to complex forms of consciousness in humans. Irritability is conceptualized as a fundamental property of life, evolving through protobiotic, reflex, associative, integrative, and higher irritability stages. Consciousness, emerging approximately 500 million years ago in vertebrates with conditioned reflexes, is interpreted as a “sense of meaning,” enhancing adaptability through stable neural connections in the forebrain. Based on the learning hypothesis, consciousness amplifies neural plasticity, integrating sensory and motor information. The model is compared with alternative frameworks, such as evolutionary psychology, neurophenomenology, and global workspace theory, highlighting its unique neurobiological detail and empirical focus.

Keywords: irritability, evolution of consciousness, learning hypothesis, conditioned reflex, higher nervous activity, neural correlates of consciousness, neural delegation, adaptability

Раздражимость — фундаментальное свойство живых систем, обеспечивающее реакцию на внешние и внутренние стимулы [1]. От хемотаксиса бактерий до сложных когнитивных процессов человека, раздражимость эволюционировала, порождая новые формы чувствования, наивысшей из которых стало сознание. Современные исследования сознания часто страдают от антропоцентризма, фокусируясь на феноменальном опыте [2]. Однако эволюционная перспектива требует изучения сознания как адаптивной способности, возникшей у ранних позвоночных.

Научные подходы к эволюции сознания включают эволюционную психологию [3,4], теорию схемы внимания [5], нейрофеноменологию [6], квантовые модели [7], теорию глобального рабочего пространства [8] и экологическую концепцию ноосферы [9]. Эти теории подчеркивают

переход от простых форм отражения к сложным, но редко акцентируют раздражимость как исходную точку.

В данной статье предлагается модель градации форм раздражимости, ведущая к сознанию как «дополнительной форме чувствования» [10,11]. Опираясь на гипотезу обучения [12], был сделан вывод, что сознание возникло около 500 миллионов лет назад у позвоночных, способных к условным рефлексам, как механизм, усиливающий адаптивность через обучение путем образования нейронных связей в переднем мозге.

Обсуждаемая модель подразумевает, что все нейроны обладают раздражимостью и возбудимостью, которая, однако, на различных уровнях организации нервной системы объединяется в интегральные формы раздражимости и возбудимости. При этом форма чувствования (переживания от первого лица) этой раздражимости зависит от того, в каком именно интеграционном центре формируется ассоциативный путь нервной связи. При этом сознание как высшая форма интегральной возбудимости в связи с гипотезой обучения возникает только в тех случаях, когда формируется или корректируется нервная связь в интеграционном центре коры полушарий. Сознание как некоторая форма возбужденного состояния изменяет вероятность нейронных процессов и способствует формированию или коррекции ассоциативной связи в коре.

В соответствии с обсуждаемой гипотезой обучения, сознание не может быть «привязано» к конкретным нейронам или нейронным связям, так как оно проявляется в виде «контроллера» при взаимодействии различных областей коры полушарий и таламуса. Поэтому возникает проблема различных «центров раздражимости» или «центров самости», которые возникают в нервной системе животного на разных ее уровнях и взаимодействуют друг с другом, формируя различные «чувства» и переживания от первого лица. В рамках предлагаемой модели, формы раздражимости или «чувствования» эволюционируют за счет переноса центра раздражимости от более старых к более новым областям нервной системы и, таким образом, усложнения нейронного механизма обработки информации. Нервная система формирует механизмы «делегирования», когда принятие решения о реакции переносится на более высокие уровни нервной системы к нейронам более новых областей. Исходной аналогией для этого описания могут послужить эффекторные и ассоциативные пути, формирующие рефлекторную дугу в различных случаях, когда длина цепочки нейронов от сенсора до эффектора может различаться от двух до десяти и более нейронов разного типа. При этом каждый тип раздражимости сопровождается специфическими волновыми процессами.

Предлагается следующая градация форм раздражимости:

1. Протобиотическая раздражимость (одноклеточные организмы),
2. Рефлекторная раздражимость (беспозвоночные с нервной системой),
3. Ассоциативная раздражимость, протосознание (ранние позвоночные),
4. Интегративная раздражимость (рептилии и птицы),
5. Высшая раздражимость и сознание (млекопитающие).

Ниже представлена подробная характеристика каждого типа раздражимости, включающая нейробиологические механизмы, эволюционные предпосылки, экспериментальные данные и аналогии для понимания функционального «чувствования» на каждом уровне.

1. Протобиотическая раздражимость (одноклеточные организмы)

Протобиотическая раздражимость представляет собой базовый уровень адаптивного взаимодействия с окружающей средой, характерный для одноклеточных организмов. Она проявляется в автоматических реакциях, таких как хемотаксис (движение к химическим веществам), фототаксис (реакция на свет) или термотаксис (движение в зависимости от температуры), обеспечивающих выживание в изменчивых условиях. Центр раздражимости локализован в клеточной мембране или органеллах, где молекулярные рецепторы, такие как белковые комплексы, напрямую связывают внешний стимул с внутриклеточной реакцией. Например, у бактерии *Escherichia coli* хемотаксис регулируется мембранными хеморецепторами, которые при взаимодействии с молекулами питательных веществ (например, глюкозы) запускают сигнальные пути, управляющие движением жгутиков [4].

Эксперименты показывают, что эти реакции не требуют нейронных структур и не предполагают обучения, так как основаны на генетически запрограммированных молекулярных каскадах. У простейшего *Paramecium caudatum* раздражимость проявляется в избегании препятствий: механическое воздействие вызывает деполяризацию мембраны, изменяющую движение

ресничек, что позволяет организму менять направление [4]. Эти процессы отражают минимальный уровень организации, где раздражимость служит функциональным аналогом чувствования без субъективного опыта. Эволюционно этот уровень можно рассматривать как предпосылку для более сложных форм отражения, возникших с появлением многоклеточности и нервных систем.

- **Виды:** *Escherichia coli* (бактерия), *Paramecium caudatum* (простейшее).
- **Центр раздражимости:** Мембранные молекулярные комплексы или органеллы (например, жгутики, реснички).

- **Аналогия ощущения:** Субъективный опыт отсутствует из-за отсутствия нервной системы. Однако функционально реакции можно сравнить с «влечением» *E. coli* к источнику питания, подобным автоматическому притяжению магнита к металлу, или «дискомфортом» *Paramecium* при столкновении с препятствием, напоминающим рефлекторное отдёргивание руки от горячей поверхности без осознания [4]. Эти аналогии подчёркивают направленность реакции, но не её осознанность.

- **Обоснование:** Молекулярные механизмы, такие как активация ионных каналов или сигнальных путей, создают прото-аналог «чувствования» как адаптивной реакции, исключая феноменальный опыт [4].

- **Ключевой тип нейронных волн:** Отсутствуют (аналог — изменения мембранного потенциала).

- **Обоснование:** У одноклеточных организмов нет нейронов, а раздражимость реализуется через изменения мембранного потенциала, вызванные активацией ионных каналов. У *E. coli* хемотаксис зависит от сигнальных путей, модулирующих потенциал через хеморецепторы, а у *Paramecium* деполяризация мембраны управляет движением ресничек [4]. Эти процессы можно рассматривать как прото-сигналы, предшествующие нейронной активности у более сложных организмов.

2. Рефлекторная раздражимость (беспозвоночные с нервной системой)

Рефлекторная раздражимость характерна для многоклеточных беспозвоночных с примитивной нервной системой, где реакции на стимулы координируются через рефлекторные дуги. Центр раздражимости смещается от мембранных комплексов к диффузным нервным сетям или ганглионарным структурам, обеспечивающим базовую интеграцию сигналов. У *Hydra vulgaris* (гидра) механическое раздражение вызывает сокращение тела, опосредованное нервной сетью, состоящей из сенсорных и моторных нейронов, без централизованного мозга [13]. Эксперименты демонстрируют способность гидры к привыканию: повторное раздражение снижает интенсивность реакции, что указывает на элементарную нейронную пластичность [13].

У плоского червя *Dugesia tigrina* цефалические ганглии формируют более сложные сенсомоторные пути, координирующие движение в ответ на свет или химические стимулы. Например, *D. tigrina* ориентируется на свет, демонстрируя зачатки условных рефлексов, хотя их устойчивость ограничена [13]. Эволюционно этот уровень отражает переход от молекулярной к нейронной организации, где нервная система начинает выполнять роль интегратора, позволяя организму реагировать на более разнообразные стимулы. Рефлекторная раздражимость представляет собой важный шаг к усложнению поведения, предшествующий появлению ассоциативных процессов.

- **Виды:** *Hydra vulgaris* (гидра), *Dugesia tigrina* (плоский червь).
- **Центр раздражимости:** Диффузная нервная сеть (*гидра*), цефалические ганглии (*Dugesia*).

- **Аналогия ощущения:** Ощущения ограничены примитивным «чувством контакта» у гидры, сравнимым с человеческим восприятием лёгкого прикосновения, вызывающего мурашки, или «чувством направления» у *Dugesia*, напоминающим инстинктивный поворот к свету в тёмной комнате без осознания причины [13]. Эти аналогии подчёркивают рефлекторную природу реакций.

- **Обоснование:** Наличие нервной сети позволяет интегрировать сигналы, но отсутствие сложных ассоциативных центров ограничивает опыт сенсомоторными реакциями [13].

- **Ключевой тип нейронных волн:** Спайковая активность (нерегулярные электрические импульсы).

- **Обоснование:** Нейронная активность у беспозвоночных ограничена нерегулярными спайками в сенсорных и моторных нейронах, формирующих рефлекторные дуги. У *Hydra* спайки координируют сокращение, а у *Dugesia* ганглии генерируют импульсы в ответ на стимулы, но без ритмических осцилляций, характерных для более сложных систем [13].

3. Ассоциативная раздражимость (ранние позвоночные)

С появлением позвоночных, таких как рыбы (~500 млн лет назад), раздражимость достигает нового уровня благодаря формированию условных рефлексов, связанных с развитием переднего мозга (телэнцефалона). Центр раздражимости смещается в палеокортекс и архикортекс, где нейронные связи обеспечивают пластичность поведения. У костистой рыбы *Carassius auratus* (золотая рыбка) эксперименты показали способность к ассоциативному обучению: рыбы вырабатывают пищевой рефлекс на световой сигнал, демонстрируя формирование устойчивых нейронных ассоциаций [14].

У *Danio rerio* (данио-рерио) исследования выявили эмоциональную лихорадку — повышение температуры тела в ответ на стресс, что интерпретируется как признак зачаточного субъективного опыта [15]. Эти данные указывают на переход от рефлекторных к ассоциативным процессам, где организм начинает связывать стимулы с их биологическим значением. Согласно гипотезе обучения [12], на этом этапе возникает прото-сознание как «чувство смысла», усиливающее адаптивность через фиксацию нейронных связей в телэнцефалоне. Эволюционно этот уровень связан с появлением более сложных экологических ниш, требующих гибкости поведения, что стимулировало развитие переднего мозга. Ассоциативная раздражимость представляет собой ключевой переход к появлению сознания, позволяя организмам предсказывать и адаптироваться к изменениям среды.

- **Виды:** *Carassius auratus* (золотая рыбка), *Danio rerio* (данио-рерио).
- **Центр раздражимости:** Палеокортекс, архикортекс (телэнцефалон).
- **Аналогия ощущения:** Зачаточное «чувство ожидания» у *Carassius auratus*, сравнимое с человеческим предвкушением при звуке дверного звонка, или «чувство тревоги» у *Danio rerio*, напоминающее смутное беспокойство в стрессовой ситуации без четкого осознания [12, 14, 15]. Эти аналогии отражают минимальный субъективный опыт, связанный с нейронной интеграцией.

- **Обоснование:** Экспериментальные данные об ассоциативном обучении и эмоциональных реакциях подтверждают наличие прото-сознания [14, 15].

- **Ключевой тип нейронных волн:** Тета-ритмы (4–8 Гц). **Обоснование:** Тета-ритмы в телэнцефалоне рыб связаны с формированием памяти и нейронной пластичностью, поддерживая условные рефлексы (*Carassius auratus*) и эмоциональную обработку (*Danio rerio*), что соответствует гипотезе обучения [12, 14, 15].

4. Интегративная раздражимость (рептилии и птицы)

У рептилий и птиц центр раздражимости локализуется в более сложных структурах, таких как стриатум, подкорковые области (таламус, базальные ганглии) и корковые аналоги, например, гиперпаллиум у птиц. Эта стадия характеризуется интеграцией мультимодальных сигналов, обеспечивающей сложное обучение и элементы планирования. У ящерицы *Uta stansburiana* эксперименты с биопсией кожи показали снижение метаболической активности и анорексию, интерпретируемые как болезненное поведение, что указывает на обработку сенсорной и эмоциональной информации [16]. У птицы *Garrulus glandarius* (сойка) исследования демонстрируют эпизодическую память: сойки запоминают местоположение спрятанной пищи и адаптируют поведение к будущим потребностям, что связано с развитым гиперпаллиумом [17].

Эти способности отражают переход к более сложным формам чувствования, где организм не только реагирует на стимулы, но и учитывает контекст. Эволюционно этот уровень связан с усложнением экологических и социальных взаимодействий, требующих координации сенсорных, моторных и когнитивных функций. Интегративная раздражимость подготовила почву для высших форм сознания, обеспечивая нейронную основу для обработки сложных поведенческих сценариев.

- **Виды:** *Uta stansburiana* (ящерица), *Garrulus glandarius* (сойка).
- **Центр раздражимости:** Стриатум, гиперпаллиум, подкорковые структуры.
- **Аналогия ощущения:** «Чувство дискомфорта» у *Uta stansburiana*, сравнимое с ощущением боли, побуждающим избегать вреда, или «чувство контекста» у *Garrulus glandarius*, напоминающее человеческое воспоминание о месте, где были оставлены ключи, с элементами предвидения [16, 17].

- **Обоснование:** Эксперименты подтверждают способность к сложным когнитивным задачам, указывая на выраженный субъективный опыт [4, 8].

- **Ключевой тип нейронных волн:** Бета-ритмы (12–30 Гц).

- **Обоснование:** Бета-ритмы в стриатуме и гиперпаллиуме координируют мультимодальные сигналы, поддерживая внимание, планирование и когнитивную интеграцию, как в болезненном поведении (*Uta stansburiana*) и эпизодической памяти (*Garrulus glandarius*) [16, 17].

5. Высшая раздражимость и сознание (млекопитающие)

У млекопитающих центр раздражимости сосредоточен в префронтальной и ассоциативной коре, взаимодействующей с таламусом, что обеспечивает высший уровень интеграции и феноменальное сознание. У шимпанзе (*Pan troglodytes*) зеркальный тест демонстрирует самосознание, связанное с активностью префронтальной коры [18]. Макаки-резус (*Macaca mulatta*) проявляют метакогницию, оценивая свои знания в тестах памяти: в экспериментах Хэмптона (2001) макаки выбирали между прохождением теста или его пропуском, показывая осознанное принятие решений [19]. У человека (*Homo sapiens*) сознание достигает пика, включая автобиографическую память, рефлексивность и способность к абстрактному мышлению, поддерживаемые синхронизированной активностью в гамма-диапазоне (20–80 Гц) [9].

Согласно гипотезе обучения [12], сознание действует как «контроллер», усиливающий нейронную пластичность (изменяя вероятность нейронных процессов) через формирование ассоциативных связей в кортикоталамических сетях. Эволюционно этот уровень отражает адаптацию к сложным социальным и экологическим условиям, требующим высокой когнитивной гибкости. Высшая раздражимость представляет собой кульминацию эволюции сознания, позволяя не только реагировать на стимулы, но и моделировать будущее, анализировать собственные состояния и создавать культурные системы.

- **Виды:** *Pan troglodytes* (шимпанзе), *Macaca mulatta* (макака-резус), *Homo sapiens* (человек).

- **Центр раздражимости:** Префронтальная и ассоциативная кора, таламус.

- **Аналогия ощущения:** «Чувство самости» у *Pan troglodytes*, сравнимое с осознанием себя в зеркале, «чувство уверенности/сомнения» у *Macaca mulatta*, напоминающее оценку правильности решения, или «чувство цели/рефлексии» у *Homo sapiens*, связанное с планированием или анализом мыслей [18, 19].

- **Обоснование:** Нейровизуализация и поведенческие эксперименты подтверждают наличие самосознания, метакогниции и рефлексивного сознания [18, 19].

- **Ключевой тип нейронных волн:** Гамма-ритмы (30–100 Гц).

- **Обоснование:** Гамма-ритмы обеспечивают глобальную синхронизацию кортикоталамических сетей, поддерживая самосознание (*Pan troglodytes*), метакогницию (*Macaca mulatta*) и рефлексивность (*Homo sapiens*), что соответствует роли сознания как «контроллера» [12, 16, 18, 19].

Эволюционная динамика центров раздражимости

Эволюция раздражимости характеризуется переносом центров от молекулярных структур (одноклеточные) к ганглиям (беспозвоночные), телэнцефалону (рыбы), стриатуму (рептилии и птицы) и коре (млекопитающие), сопровождаясь удлинением рефлекторной дуги. У *Hydra vulgaris* дуга включает 2–3 нейрона, у *Pan troglodytes* — десятки, интегрирующих сигналы через кору и таламус. Градация форм раздражимости отражает эволюционный путь от молекулярных реакций у *Escherichia coli* до сознания у *Homo sapiens*. Усложнение центров раздражимости и пластичность поведения подтверждаются данными о хемотаксисе, привыкании, обучении, памяти и метакогниции.

Таблица 1: Ключевые типы нейронов и ритм для каждого типа раздражимости

Этап эволюции	Пример вида	Центр раздражимости	Ключевой тип нейронов	Ключевой ритм
Протобиотическая раздражимость	<i>Escherichia coli</i> , <i>Paramecium</i>	Мембранные молекулярные комплексы	Отсутствуют (рецепторы, ионные каналы)	Отсутствие ритма
Рефлекторная раздражимость	<i>Hydra vulgaris</i> , <i>Dugesia tigrina</i>	Диффузная нервная сеть, ганглии	Биполярные сенсорные и моторные нейроны	Спайковая активность, нерегулярные импульсы

Ассоциативная раздражимость	Carassius auratus, Danio rerio	Палеокортекс, архикортекс	Пирамидальные нейроны телэнцефалона	Тета-ритмы, 4-8 Гц
Интегративная раздражимость	Uta stansburiana, Garrulus glandarius	Стриатум, гиперпаллиум, подкорковые структуры	Средние шипиковые нейроны, пирамидаль- ные нейроны	Бета-ритмы, 12- 30 Гц
Высшая раздражимость (сознание)	Pan troglodytes, Macaca mulatta, Homo sapiens	Префронтальная и ассоциативная кора, таламус	Пирамидальные нейроны коры, релей- ные нейроны таламуса	Гамма-ритмы, 30-100 Гц

Сравнение с альтернативными подходами

Предложенная модель градации форм раздражимости выделяется своей структурированной иерархической системой, акцентом на гипотезу обучения как ключевом механизме эволюции сознания и нейробиологической основой, включая концепцию «делегирования» функций между различными уровнями нервной системы. Для оценки её уникальности и сильных сторон проведём сравнительный анализ с альтернативными подходами к изучению сознания, такими как эволюционная психология, теория схемы внимания, нейрофеноменология, квантовые модели, теория глобального рабочего пространства и концепция ноосферы.

Эволюционная психология (А.Н. Леонтьев, К.Э. Фабри)

Этот подход, разработанный советскими психологами, рассматривает раздражимость как базовую форму отражения у живых организмов, эволюционирующую через три ключевые стадии: элементарную сенсорную психику (чувствительность у простейших многоклеточных, таких как кольчатые черви), перцептивную психику (ощущения и восприятия у позвоночных, например, рыб, связанные с условными рефлексам) и интеллектуальную психику (абстрактное мышление у высших млекопитающих, включая человека).

Леонтьев [3] подчёркивает, что переход от раздражимости к чувствительности обусловлен появлением нервной системы, а сознание возникает как высшая форма отражения, тесно связанная с социальной деятельностью. Фабри [4] дополняет эту теорию, анализируя поведение животных на разных уровнях организации. Сходство с предложенной моделью очевидно: оба подхода признают раздражимость отправной точкой эволюции психики и выделяют условные рефлекс как значимый этап, связанный с развитием переднего мозга. Кроме того, идея «дополнительного чувствования» перекликается с концепцией чувствительности как качественного скачка.

Однако эволюционная психология чрезмерно фокусируется на социальных аспектах человеческого сознания, игнорируя нейробиологические механизмы и ранние этапы эволюции у низших организмов, таких как рыбы. Кроме того, отсутствие детализированного анализа нейронных процессов снижает её эмпирическую проверяемость, в то время как предложенная модель предлагает конкретные нейробиологические корреляты для каждого уровня.

Теория схемы внимания (Майкл Грациано)

Нейробиолог Майкл Грациано в рамках Attention Schema Theory (AST) утверждает, что сознание эволюционировало как механизм управления информационной перегрузкой в нервной системе, возникая около 1,5 миллиарда лет назад как результат конкуренции нейронов за обработку сигналов [5]. По его мнению, схема внимания позволяет мозгу приоритизировать стимулы, начиная с простых форм раздражимости у беспозвоночных и усложняясь у позвоночных с развитием центральной нервной системы. Например, у млекопитающих эта схема проявляется в осознанном контроле над действиями.

Хотя идея конкуренции нейронов перекликается с концепцией «делегирования», этот подход имеет серьёзные пробелы. Грациано игнорирует раздражимость как фундаментальное свойство живого, сосредотачиваясь исключительно на когнитивных аспектах внимания, что ограничивает его применимость к ранним стадиям эволюции. Внимание производно по отношению к раздражимости. Необходимость науки о сознании в понимании его феноменальной природы, однако, требует базировать эту теорию на понятиях и явлениях близких к феноменальности. В этом смысле раздражимость можно рассматривать как прото-феноменальность, когда внимание есть уже более интегральный процесс.

Отсутствие эмпирических данных о нейронных механизмах на уровнях ниже позвоночных делает теорию Грациано спекулятивной и менее пригодной для тестирования, в отличие от модели, опирающейся на конкретные эксперименты.

Нейрофеноменология (Франсиско Варела)

Франсиско Варела предложил нейрофеноменологию как методологический подход, сочетающий субъективный опыт с нейробиологическими данными, рассматривая сознание как эмерджентное свойство динамических нейронных взаимодействий [6]. Он подчёркивает, что у позвоночных интеграция сенсорной и моторной информации в нейронных сетях лежит в основе сознания, что близко к идее «дополнительного чувствования» как вторичной формы раздражимости. Например, исследования Варелы над восприятием у человека и животных демонстрируют, как синхронизация нейронной активности формирует осознанный опыт.

Хотя этот подход близок к идее интеграции информации и «дополнительного чувствования», он страдает от методологических ограничений. Фокус на феноменальном опыте и квалиа приводит к субъективизму, что затрудняет объективное изучение сознания у животных. Кроме того, нейрофеноменология не предлагает чёткой эволюционной последовательности, что делает её менее системной и менее пригодной для эмпирических исследований, в отличие от предложенной иерархической модели, проверяемой на многих примерах вроде *Danio rerio*.

Квантовые модели (Роджер Пенроуз, Стюарт Хамерофф)

Модель Orchestrated Objective Reduction (Orch-OR) Пенроуза и Хамероффа предполагает, что сознание возникает из квантовых процессов в микротрубочках нейронов, обеспечивая квантовую когерентность в сложных биологических системах [7]. Авторы считают, что эволюция сознания связана с переходом от простых биохимических реакций к нейронным сетям, что может быть связано с иерархией раздражимости.

Сходство с данной моделью заключается в признании нематериальных аспектов сознания, что перекликается с концепцией неинформационной каузальности [10], которая фактически означает каузальность типа вероятность-вероятность проявляемая как нейропластичность. Однако Orch-OR остаётся спекулятивной, не предлагая эмпирических данных для проверки, в отличие от предложенной модели, опирающейся на классические нейробиологические процессы, такие как синаптическая пластичность. Кроме того, квантовый подход игнорирует раздражимость как отправную точку, фокусируясь на микроскопических механизмах, что ограничивает его применимость к ранним стадиям эволюции.

Теория глобального рабочего пространства (Бернард Баарс)

Теория глобального рабочего пространства [8] рассматривает сознание как механизм интеграции информации в мозге, подобный «театру сознания», где различные модули обмениваются данными. Баарс связывает его эволюцию с развитием коры у позвоночных, что перекликается с акцентом на переднем мозге в данной модели. Например, GWT объясняет осознанные решения у приматов через координацию сенсорной, моторной и мнемонической информации. Сходство проявляется в общей идее сознания как адаптивного преимущества, связанного с условными рефлексам и интеграцией, что близко к роли «контроллера» обучения [11]. Однако Баарс не акцентирует раздражимость как исходную стадию, сосредотачиваясь на когнитивных процессах высших организмов. GWT менее детализирована в историческом контексте эволюции, не предлагая чёткой последовательности стадий, как в данной модели.

Экологический подход: ноосфера и сознание (В.И. Вернадский)

Владимир Вернадский в концепции ноосферы трактует сознание как планетарное явление, возникающее из эволюции биосферы через усложнение форм отражения, начиная с раздражимости у простейших и достигая научного мышления у человека [9]. Он подчёркивает гармонизацию взаимодействия организма с окружающей средой как движущую силу этого процесса, что перекликается с адаптивной ролью сознания в данной модели. Например, Вернадский рассматривал человеческую деятельность как продолжение биологических процессов на глобальном уровне. Сходство заключается в признании раздражимости основой эволюции и акценте на адаптивности, особенно в контексте обучения у позвоночных. Однако подход Вернадского оперирует макроуровнем (биосфера, ноосфера), игнорируя нейронные механизмы, детализированные в данной модели. Кроме того, его концепция содержит элементы телеологии, предполагая целеполагание в развитии, что контрастирует с нейтральным описанием эволюционных стадий в предлагаемой гипотезе.

Импликации для науки о сознании

Предложенная модель градации форм раздражимости, прослеживающая эволюционный путь от простейших реакций одноклеточных организмов до сложных форм сознания у человека, открывает новые горизонты для науки о сознании. Она предлагает структурированный, эволюционно обоснованный подход, преодолевающий ограничения традиционных исследований, которые часто сосредотачиваются на феноменальном опыте человека или редукционистских нейронных коррелятах. Модель подчеркивает раздражимость как фундаментальное свойство живого, связывающее простейшие биологические реакции с высшими когнитивными функциями через гипотезу обучения и концепцию «делегирования» нейронных функций. Этот раздел детализирует ключевые импликации модели, включая переосмысление нейронных коррелятов сознания (NCC), предложения для экспериментальных исследований, потенциал для междисциплинарных исследований и приложения в области искусственного интеллекта (ИИ).

Переосмысление нейронных коррелятов сознания

Одной из центральных проблем науки о сознании является поиск нейронных коррелятов сознания (NCC), определяемых как минимальные нейронные механизмы, достаточные для сознательного опыта [20, 21]. Однако, как отмечает Ревонсуо [22], неудачи в идентификации универсальных NCC связаны с игнорированием иерархической природы сознания и его эволюционных истоков. Предложенная модель решает эту проблему, предполагая, что NCC следует искать не как единый механизм, а как совокупность процессов, соответствующих различным уровням раздражимости.

Например, на уровне ассоциативной раздражимости у рыб (около 500 млн лет назад) NCC могут быть связаны с тета-ритмами (4–8 Гц) в телэнцефалоне, поддерживающими условные рефлексы и зачатки «чувства смысла» [12, 15]. На уровне высшей раздражимости у млекопитающих NCC включают гамма-ритмы (30–100 Гц) в кортикоталамических сетях, обеспечивающих самосознание и метакогницию [18, 23]. Такой подход позволяет переформулировать задачу: вместо поиска универсального NCC наука должна идентифицировать специфические корреляты для каждого эволюционного этапа, что делает исследования более целенаправленными и эмпирически проверяемыми.

Кроме того, модель подчеркивает необходимость учитывать не только локальные нейронные процессы, но и их интеграцию на системном уровне. Концепция «делегирования» функций предполагает, что сознание возникает не в изолированных областях мозга, а в динамическом взаимодействии между старыми и новыми нейронными структурами. Это согласуется с идеями интеграции информации [21] и глобального рабочего пространства [8], но добавляет эволюционную перспективу, акцентируя переход от рефлекторных к ассоциативным и интегративным процессам. Таким образом, модель предлагает методологическую рамку для изучения NCC, которая учитывает как филогенетическую, так и онтогенетическую динамику сознания.

Возможные эксперименты

Модель открывает широкие возможности для эмпирических исследований, позволяя тестировать гипотезы на разных уровнях раздражимости. Ниже приведены конкретные предложения для экспериментов, основанные на ключевых аспектах модели:

*Изучение таламо-кортикальных петель у рыб (*Danio rerio*).* Предлагается использовать кальциевый имиджинг для анализа нейронной активности в телэнцефалоне *Danio rerio* при формировании условных рефлексов, сравнивая реакции на осознанные и неосознанные стимулы. Например, можно обучить рыб ассоциировать световой сигнал с пищей и измерять тета-ритмы в палеокортексе, чтобы выявить корреляты прото-сознания [15]. Методы, разработанные Анохиным [24], такие как генетический захват нейронных сетей, позволяют визуализировать динамику активации в реальном времени. Это исследование поможет подтвердить гипотезу обучения, связывающую условные рефлексы с зачатками «чувства смысла» [12].

Сравнительный анализ нейронных структур беспозвоночных и позвоночных. Для уточнения перехода от рефлекторной к ассоциативной раздражимости предлагается сравнить нейронные архитектуры у беспозвоночных (*Hydra vulgaris*, *Dugesia tigrina*) и ранних позвоночных (*Carassius auratus*). Использование методов нейровизуализации, таких как двухфотонная микроскопия, и анализа экспрессии генов позволит выявить различия в организации сенсомоторных путей и ганглионарных структур [13]. Особое внимание следует уделить роли пирамидальных нейронов в телэнцефалоне рыб, которые, согласно модели, обеспечивают переход к ассоциативным процессам [14]. Эти данные помогут определить нейронные предпосылки появления прото-сознания.

Исследование волновых процессов на разных уровнях раздражимости. Модель связывает каждый уровень раздражимости с характерными нейронными волнами (например, спайки у беспозвоночных, тета-ритмы у рыб, гамма-ритмы у млекопитающих). Предлагается систематическое исследование волновой активности у представителей каждого уровня, используя ЭЭГ и магнитоэнцефалографию (МЭГ). Например, сравнение тета- и бета-ритмов у *Garrulus glandarius* при выполнении задач на эпизодическую память с гамма-ритмами у *Macaca mulatta* при метакогнитивных тестах [17, 19] позволит уточнить связь между нейронными ритмами и когнитивными процессами на разных уровнях эволюционного развития. Это исследование может выявить, как волновая активность, специфичная для каждого уровня раздражимости, поддерживает различные когнитивные функции, такие как память, внимание и принятие решений, а также определить общие принципы организации нейронных сетей у разных видов.

Заключение

В результате проведенного исследования была разработана эволюционная модель градации форм раздражимости и возбуждения, прослеживающая путь от простейших реакций одноклеточных организмов до сложных форм сознания у человека. Установлено, что раздражимость, как фундаментальное свойство живого, эволюционировала через последовательные стадии — протобиотическую, рефлекторную, ассоциативную, интегративную и высшую раздражимость, кульминацией которой стало сознание. Особое значение имеет гипотеза обучения, подтверждающая возникновение сознания около 500 млн лет назад у позвоночных с условными рефлексам, где оно выступает как «чувство смысла», усиливающее адаптивность через формирование нейронных связей в переднем мозге.

Сравнение с альтернативными подходами, такими как эволюционная психология, теория схемы внимания, нейрофеноменология, квантовые модели, теория глобального рабочего пространства и концепция ноосферы, выявило уникальность предложенной модели, основанной на нейробиологической детализации и эмпирической ориентированности. Модель предлагает переосмыслить нейронные корреляты сознания как иерархическую систему, а также открывает перспективы для экспериментальных исследований, включая анализ таламо-кортикальных петель у рыб и сравнение нейронных структур на разных эволюционных уровнях.

Полученные результаты вносят вклад в науку о сознании, предоставляя структуру для изучения его истоков и развития. В дальнейшем рекомендуется сосредоточить усилия на эмпирической проверке гипотезы обучения и расширении исследований на промежуточные стадии эволюции сознания, что позволит углубить понимание его биологических основ.

Были предложены и исследованы следующие нейробиологические концепции:

1. Иерархическая модель нейронных коррелятов сознания (NCC):

○ Предлагается рассматривать нейронные корреляты сознания не как единый универсальный механизм, а как иерархическую систему, соответствующую уровням раздражимости. Например, тета-ритмы (4–8 Гц) в телэнцефалоне рыб (*Danio rerio*) связаны с прото-сознанием, а гамма-ритмы (30–100 Гц) в кортикоталамических сетях млекопитающих (*Homo sapiens*) — с самосознанием. Это переосмысливает подходы Тониони и Коха (2015), фокусирующихся на локальных коррелятах, и предлагает эволюционную динамику NCC.

2. Концепция “делегирования” нейронных функций:

○ Исследуется идея переноса центров раздражимости от молекулярных структур (одноклеточные) через ганглии (беспозвоночные), телэнцефалон (рыбы), стриатум (рептилии) к коре (млекопитающие) вводит новый механизм эволюции нейронной интеграции. Это объясняет усложнение рефлекторных дуг (от 2–3 нейронов у *Hydra* до десятков у *Pan troglodytes*) и может повлиять на исследования нейропластичности.

3. Гипотеза обучения и нейронная пластичность:

○ Исследуется связь сознания с гипотезой обучения, где оно выступает «контролером» нейронных процессов, усиливает пластичность (например, через ассоциативные связи в коре), открывает новые пути для экспериментов. Например, исследования *Danio rerio* с кальциевым имиджингом могут подтвердить роль телэнцефалона в формировании условных рефлексов.

Литература

1. Павлов И.П. Избранные труды. Москва: Медицина, 1999.
2. Чалмерс Д. Сознательный ум. Москва: Либроком, 2015.
3. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность. Москва: Политиздат, 1975.
4. Фабри К.Э. Основы зоопсихологии. Москва: МГУ, 1976.
5. Graziano M. Consciousness and the Social Brain. Oxford: Oxford University Press, 2013.

6. Varela F. Neurophenomenology // *Journal of Consciousness Studies*, 1996, Vol. 3, pp. 330–349.
7. Penrose R., Hameroff S. Consciousness in the universe // *Physics of Life Reviews*, 2014, Vol. 11, pp. 39–78.
8. Baars B.J. The conscious access hypothesis // *Trends in Cognitive Sciences*, 2002, Vol. 6, No. 1, pp. 47–52.
9. Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление. Москва: Наука, 1991.
10. Сафронов А.В. Единое Ничто. Москва: Эксмо, 2023.
11. Сафронов А.В. Биологические уровни сознания как «дополнительной» формы чувствования и их формирование в процессе эволюции в свете гипотезы обучения // *Социально-гуманитарные знания*, 2025, No. 5, pp. 264–270.
12. Сафронов А.В. Об одной биологической функции сознания // *Социология*, 2025, No. 3, pp. 246–251.
13. Тушмалова Н.А. Основные закономерности эволюции поведения беспозвоночных // *Хрестоматия по зоопсихологии*. Москва: РПО, 1997.
14. Rodriguez F. et al. Neural mechanisms of learning in teleost fish // *Fish Cognition and Behavior*. Oxford: Blackwell, 2006, pp. 243–277.
15. Rey S. et al. Fish can show emotional fever // *Proceedings of the Royal Society B*, 2015, Vol. 282, 20152266.
16. Hudson S. B. et al. Recovery from discrete wound severities in side-blotched lizards (*Uta stansburiana*): implications for energy budget, locomotor performance, and oxidative stress // *Journal of Comparative Physiology B*, 2021, Vol. 191, 531–543.
17. Clayton N. S. et al. Scrub jays (*Aphelocoma coerulescens*) form integrated memories of the multiple features of caching episodes // *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 2001, Vol. 27, 17–29.
18. Gallup G. G. Jr. Self-awareness and the emergence of mind in primates // *American Journal of Primatology*, 1982, Vol. 2, 237–248.
19. Hampton R.R. Rhesus monkeys know when they remember // *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2001, Vol. 98, pp. 5359–5362.
20. Crick F., Koch C. Towards a neurobiological theory of consciousness // *Seminars in Neuroscience*, 1990, Vol. 2, pp. 263–275.
21. Tononi G., Koch C. The neural correlates of consciousness // *Nature Reviews Neuroscience*, 2015, Vol. 16, pp. 307–319.
22. Ревонсуо А. Психология сознания. Санкт-Петербург: Питер, 2012.
23. Bshary R., Brown C. Fish cognition // *Current Biology*, 2014, Vol. 24, pp. R947–R950.
24. Анохин К.В. Генетический захват и визуализация когнитивных сетей головного мозга // Отчет о НИР № 14-15-00685. Российский научный фонд, 2014.

References

1. Pavlov I.P. Selected Works. Moscow: Meditsina, 1999.
2. Chalmers D. Conscious Mind. Moscow: Librokom, 2015.
3. Leontiev A.N. Activity. Consciousness. Personality. Moscow: Politizdat, 1975.
4. Fabry K.E. Fundamentals of Zoopsychology. Moscow: Moscow State University, 1976.
5. Graziano M. Consciousness and the Social Brain. Oxford: Oxford University Press, 2013.
6. Varela F. Neurophenomenology // *Journal of Consciousness Studies*, 1996, Vol. 3, pp. 330–349.
7. Penrose R., Hameroff S. Consciousness in the universe // *Physics of Life Reviews*, 2014, Vol. 11, pp. 39–78.
8. Baars B.J. The conscious access hypothesis // *Trends in Cognitive Sciences*, 2002, Vol. 6, No. 1, pp. 47–52.
9. Vernadsky V.I. Scientific thought as a planetary phenomenon. Moscow: Nauka, 1991.
10. Safronov A.V. United Nothing. Moscow: Eksmo, 2023.
11. Safronov A.V. Biological levels of consciousness as an “additional” form of feeling and their formation in the process of evolution in light of the learning hypothesis // *Social and humanitarian knowledge*, 2025, No. 5, pp. 264–270.
12. Safronov A.V. On one biological function of consciousness // *Sociology*, 2025, No. 3, pp. 246–251.

13. Tushmalova N.A. Basic patterns of evolution of invertebrate behavior // Reader on zoopsychology. Moscow: RPO, 1997.
14. Rodriguez F. et al. Neural mechanisms of learning in teleost fish // Fish Cognition and Behavior. Oxford: Blackwell, 2006, pp. 243–277.
15. Rey S. et al. Fish can show emotional fever // Proceedings of the Royal Society B, 2015, Vol. 282, 20152266.
16. Hudson S. B. et al. Recovery from discrete wound severities in side-blotched lizards (*Uta stansburiana*): implications for energy budget, locomotor performance, and oxidative stress // Journal of Comparative Physiology B, 2021, Vol. 191, 531–543.
17. Clayton N. S. et al. Scrub jays (*Aphelocoma coerulescens*) form integrated memories of the multiple features of caching episodes // Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 2001, Vol. 27, 17–29.
18. Gallup G. G. Jr. Self-awareness and the emergence of mind in primates // American Journal of Primatology, 1982, Vol. 2, 237–248.
19. Hampton R.R. Rhesus monkeys know when they remember // Proceedings of the National Academy of Sciences, 2001, Vol. 98, pp. 5359–5362.
20. Crick F., Koch C. Towards a neurobiological theory of consciousness // Seminars in Neuroscience, 1990, Vol. 2, pp. 263–275.
21. Tononi G., Koch C. The neural correlates of consciousness // Nature Reviews Neuroscience, 2015, Vol. 16, pp. 307–319.
22. Revonsuo A. Psychology of consciousness. St. Petersburg: Piter, 2012.
23. Bshary R., Brown C. Fish cognition // Current Biology, 2014, Vol. 24, pp. R947–R950.
24. Anokhin K.V. Genetic capture and visualization of cognitive networks of the brain // Research Report No. 14-15-00685. Russian Science Foundation, 2014.