

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НИША КАК ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЯМА, ОПРЕДЕЛЯЮЩАЯ СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ВОЛНОВОЙ ФУНКЦИИ ЖИВОГО

Стригин М.Б.

ООО Митриал

ул. Академика Королёва, 4, г. Челябинск, 454004, РФ; e-mail: strigin1969@gmail.com

Поступила в редакцию 28.07.2022. DOI: 10.20930/rusjbpс.2022.0563

**Аннотация.** В данной работе рассматривается возможность перехода между микромиром квантовой механики и макромиром биологии, где важнейшим процессом является взаимоотношение биологического вида (БВ) с его экологической нишей (ЭН). В первой части работы выдвигается гипотеза, что ЭН выступает аналогом потенциальной ямы (ПЯ) в квантовой механике, что позволяет применить инструментарий последней. Тогда устойчивому состоянию БВ, как системной структуры, соответствуют собственные значения некоторой волновой функции, которая осциллирует в ЭН (подобно электрону в атоме). При этом можно выделить линейные и нелинейные этапы этих осцилляций. Нелинейная часть эволюции, когда биологический вид входит в хаотический этап существования, может определяться как внешними изменениями в ЭН, так и внутренними причинами на уровне генома. Первые причины можно назвать дарвиновскими, вторые – ламарковскими. В общем виде собственные значения БВ определяются граничными условиями ниши (на базе куба Хатчинсона): обобщённой геометрией ЭН и другими параметрами экологических факторов. Показано, как базовые концепты квантовой механики проявляются в биологии: суперпозиция, туннелирование сквозь потенциальный барьер, принцип Паули. Последний соответствует закону Гаузе в биологии: внутри одной экологической ниши может проживать только один вид с определёнными экологическими потребностями. Во второй части работы обсуждаются возможные эффекты сопряжённости эволюции между ПЯ, определяемой соответствующей ЭН, и ПЯ, влияющей на конформационное (энергетическое) состояние генома БВ. Предполагается, что изменение ЭН преобразует информационный статус генома путём естественного отбора, но с другой стороны и наоборот, изменение топологии генома у отдельных особей, может в итоге повлиять на некоторые потребности всего вида и привести к преобразованию его ЭН.

**Ключевые слова:** экологическая ниша, биологический вид, закон Гаузе, квантовая механика, волновое уравнение, собственная функция, потенциальная яма, граничные условия, нелинейный осциллятор, туннелирование, эволюция, геном.

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из центральных понятий квантовой механики является представление о собственных значениях некоторого осциллятора. Это может быть электрон в атоме, фонон в кристалле, магنون в металле или некоторое поле в резонаторе. И во всех случаях собственные значения перечисленных сущностей определяются граничными условиями, иначе говоря, некоторыми потенциальными ямами, имеющими определённые границы, внутри которых эти сущности осциллируют. Аналогично границы атома определяют собственные функции электронов в этом атоме, посредством внутреннего отражения и образования устойчивой интерференционной картины. Представления о границах со временем усложняются, происходит переход к представлению о фазовом пространстве, размерность в котором имеет уже не три координаты, а шесть, так как добавились координаты импульсов, появилась размерность спина как дополнительной пространственной характеристики.

Но подобная картина наблюдается и в макромире, за тем исключением, что размерность фазового пространства, в котором существуют объекты макромира, значительно выше. В принципе каждая из наук (биология, химия, социология, психология и т.д.) обнаруживает собственное фазовое пространство на базе параметров специфического для неё процесса, в котором и выстраивает законы эволюции собственных сущностей и собственную таксономию. Как демонстрирует физика, очень важно обнаружить все размерности, необходимые для описания некоторого феномена, в противном случае возникают размерные складки, приводящие к парадоксам, которые Франкл назвал димензиальными [1].

Аналогично граничным условиям в квантовой механике, в биологии имеется представление об *экологической нише*. Важно отметить, что на масштабе экологической ниши сущностью становится не единица вида, а сам биологический вид [2]. Ранее Дж. Э. Хатчинсон предложил модель экологической ниши в виде гиперобъёма [2], где имеется собственное фазовое пространство, и вместе с координатами и скоростями (например, собственной скоростью представителя вида или скоростью миграции) фигурируют другие экологические факторы.

В математике имеется представление о базисе, когда внутри некоторого пространства обнаруживается бесконечно много различных сущностей, но только  $N$  из них линейно независимы. Понятие независимости очень важно, оно подразумевает равенство нулю производной одного фактора ( $y$ ) по другому фактору ( $x$ ). В общем виде такая производная имеет вид:

$$\frac{\partial y_i}{\partial x_j} = \delta_{ij}, \quad (1)$$

где  $\delta_{ij}$  – символ Кронекера, который означает, что, если  $i \neq j$ , соответствующая производная равна нулю.

Аналогично этому в модели Хатчинсона принято, что реакция на один фактор не зависит от воздействия другого фактора и факторы независимы друг от друга (аналогично в квантовой механике принято, что импульсы и координаты независимы). В его модели представлен  $n$ -мерный куб, где на осях отложены отрезки, обозначающие экологические факторы, лежащие в некоторых диапазонах. Кроме того, экологические ниши разделены в ней на два класса: *фундаментальные* и *реализованные*, где первые определяются всеми факторами, которые задаёт география (или геометрия) ниши: пищевые ресурсы, климатические аспекты, отношения с паразитами и т. п., вторые определяются отношением с конкурирующими видами и с хищниками. Диапазоны экологических факторов, определяющие фундаментальные ниши, Шелфорд назвал диапазонами толерантности [2].

Мы выдвигаем гипотезу, что эта экологическая модель воспроизводит представление о волновом уравнении Шредингера [3]:

$$i\hbar \frac{d\varphi}{dt} = (H_0 + H_1 + H_2 + \dots)\varphi, \quad (2)$$

где  $H_0$  — гамильтониан, определяемый ближайшей геометрией, например структурой атома, внутри которого находится электрон, а  $H_1$  и  $H_2$  — малые (на определённом этапе) поправки.  $H_0$  — в терминах биологии та энергетическая часть экологической ниши, которая главным образом определяет поведение биологического вида: пищевые, климатические аспекты. Часть гамильтониана  $H_1$  определяется, например, движением пролетающего мимо электрона (в терминах биологии — конкурента), или мимо пролетающего атома (в терминах биологии — хищника). Первый может выбить рассматриваемый электрон и занять его место, а второй может выхватить электрон из начального положения и присвоить его. Если часть гамильтониана  $H_1$  определяется внешней средой, то  $H_2$  мы определяем как часть, приводящую к зависимости эволюции волновой функции от внутреннего состояния, иными словами, воздействия электрона на собственный атом и модуляции гамильтониана  $H_0$  или (в терминах биологии) воздействия вида на экологическую нишу, что в квантовой механике называется самовлиянием. Конкуренция членов  $H_1$  и  $H_2$  приводит к дискурсу относительно природы экологической ниши – принадлежит ли она биологическому виду или порождена окружающей средой. Ответ демонстрирует волновое уравнение Шредингера (2): экологическая ниша находится в суперпозиции окружающей среды и биологических видов. Согласно нашему представлению, экологическая ниша может выполнять роль специфического оператора, преобразующего волновую функцию биологического вида, и определяющего его эволюцию.

Целесообразно вспомнить здесь и про явление резонанса. В обычных условиях при воздействии внешнего поля на электрон некоторого атома оно пренебрежимо мало в сравнении с полем, производимым самим атомом,  $H_0 \gg H_1$ . При этом вероятность возбуждения электрона и преобразование его волновой функции также пренебрежимо малы. Но если частота внешнего поля совпадает с собственной частотой электрона, то вероятность возбуждения линейно возрастает со временем (золотое правило Ферми). Аналогично этому в биологии необходимо обнаруживать период, когда частота внешнего воздействия совпадает с частотой осцилляции биологического вида, и, соответственно, такое возбуждение выходит на первый план во влиянии на данный вид. Необходимо отметить, что многими учёными в ряде исследований биофизических процессов отмечается частотная преемственность — макро-частоты присутствуют в спектрах гистограмм микропроцессов, и наоборот [4]. Например, были обнаружены общие частоты при изучении хемиллюминесценции планарий и флуктуаций температуры мелких млекопитающих и птиц [5]. Соответственно, виды, обладающие общими частотами, могут резонансно модулировать экологические ниши друг друга.

Таким образом, оба представления о квантовых и экологических нишах (потенциальных ямах) в рамках нашей гипотезы предлагается рассматривать с позиции концепта волнового уравнения Шредингера, где гамильтониан является оператором над полем комплексных чисел. Именно с подачи самого Э. Шредингера [6] начались поиски подходов к моделированию динамики существования живого (от молекул до популяций видов) во взаимодействии с окружающей средой. Он использовал принцип энергетического порога в квантовой механике для понимания стабильности генома. Для описания указанного порога он также использовал представление о потенциальной яме. Центральным положением его теории было представление о геноме как аperiодическом кристалле. Это представление имеет отношение и к нашей работе. Если обычный кристалл характеризуется решёткой Браве [7] и единственной частотой  $\omega$ , то аperiодический кристалл можно представить в виде  $\sum_i \omega_i$ , где из-за большого количества собственных частот сложно обнаружить периодичность. Многомерность куба, сконструированного Хатчинсоном, позволяет предположить множество устойчивых колебаний (собственных частот), образованных в плоскостях, формируемых парой координат.

Математических моделей, начиная с модели Лотки-Вольтерра, было предложено достаточно много [8,9]. Большая часть из них решали конкретные кинетические и динамические задачи на уровне клеток и популяций. Обзорная работа была написана Иваницким [10], который после Шредингера пытался освежить тему «жизнь с точки зрения физики» и предложил определение жизни как свойства наличия памяти. Наверное, это важный аспект жизни, однако на наш взгляд, память возможно появляется вместе с нарушением симметрии, что уже

наблюдается и в так называемой неживой материи в момент синтеза. В своих моделях мы пытаемся идти от общего к частному, чтобы соединить миры биологии и квантовой механики в духе синергического подхода, введённого Хакеном.

Исходя из вышеизложенного, целью данной работы является моделирование существования биологического вида на основе гипотезы: вид живого по аналогии с квантовыми феноменами является сущностью, осциллирующей внутри определённой экологической ниши как потенциальной ямы. Геометрия и суперпозиция независимых параметров экологической ниши детерминируют собственные значения (устойчивые решения уравнения) волновой функции данного биологического вида и собственные частоты. Экологическая ниша выполняет роль биологического оператора, приводящего к эволюции волновой функции вида живого. Исходя из нашей модели, показано, что определённый вид живого, подобно квантовой частице, может совершать туннелирование сквозь потенциальный барьер экологической ниши и тем самым переходить в другую нишу, синтезируя новый биологический вид.

**Модель вида живого в экологической нише как нелинейный осциллятор.** Попробуем определить природу волновой функции в отношении биологического вида. Рассуждая по аналогии с квантовой механикой, где произведение  $\rho = \varphi \times \varphi^*$  означает вероятность нахождения частицы или плотность материи, определим, что  $\rho$  есть не что иное, как плотность заселённости (численности) вида живого. Для лучшего понимания необходимо развеять пару мифов о мистике волновой функции и уравнении Шредингера. Как считается, Шредингер написал его эвристично, но в действительности это уравнение может считаться расширением уравнения диффузии (или теплопроводности) в комплексную область:

$$\frac{d\varphi}{dt} = \nabla(D\nabla\varphi), \quad (3)$$

где  $\nabla$  – градиент,  $D$  – коэффициент диффузии.

Это достаточно частый приём в математике и физике для увеличения полноты описания. Иными словами, «волновая функция» вида описывает расширенную диффузию (распространение) его в природе или (и) его эволюцию. При этом выход в комплексную область позволяет учитывать не только обмен энергией, но и фазой, поэтому по причине интерференции диффузия не происходит однородно.

Интерпретация волновой функции, данная Максом Борном, гласит, что сама волновая функция не имеет реального смысла, а является некоторой математической абстракцией, согласующейся с «копенгагенской» интерпретацией этой функции как волны вероятности [3]. С другой позиции физический смысл комплексного сопряжения может заключаться именно в отражении волновой функции от границы. Наблюдаемо только взаимодействие  $\varphi \times \varphi^*$ , но не сами волны. Такая интерференция актуализирует волну. Например, мы слышим звук интерференционного паттерна, образуемого прямой и обратной волной, бегущей по струне. Можно представить картину физической реальности как результат глобальной интерференции на разных уровнях, и благодаря этому процессу в динамике возникает внутренняя устойчивость разных сущностей в живой и неживой природе. В этом контексте уравнение Шредингера можно интерпретировать как эволюцию интерференции.

Далее интересно определить принцип неопределённости Гейзенберга в отношении биологического вида. В классической форме он записывается в виде:

$$\Delta x \times \Delta p = \frac{\hbar}{2}, \quad (4)$$

В рамках нашей гипотезы  $\Delta x$  можно определить как пространственную ячейку в кубе Хатчинсона, а оператор импульса ( $\Delta p$ ) является своего рода аналогом когнитивности вида живого, иначе говоря, набором эффективных стратегий, которые он использует для выживания. С одной стороны, оператор импульса связан с градиентом  $\frac{\partial}{\partial x_i}$ , что определяет эволюцию вида, его когнитивную приспособляемость или приобретение новых стратегий, с другой стороны, он определяется массой ( $m$ ) или инерцией биологического вида (стабильностью генома), который, в свою очередь, отражает как бы сумму врождённых стратегий биологического вида. Одновременно уровень когнитивности вида может при определённых условиях служить внутренним ресурсом биологического вида. Можно попробовать расширить понятие об экологической массе биологического вида, выйдя в область комплексной области и ввести понятие импеданса экологической ниши как характеристики её инерциальной устойчивости. Данное понятие, как показано в [11], является ключевым в процессах параметрического резонанса, когда незначительное периодическое воздействие на импеданс приводит к существенным изменениям. Параметрическое воздействие на некоторый фактор экологической ниши может быть вызвано как внешней силой, так и внутренней. Когерентное изменение инертности или когнитивности вида приводит к параметрическому резонансу внутри экологической ниши.

Таким образом, сам вид как бы моделирует экологическую нишу. Это следует и из модели Лотки-Вольтерра, описывающей классические уравнения хищник-жертва — истребление хищниками рассматриваемого вида приводит к уменьшению пищевого ресурса хищника, и, соответственно, к его вымиранию (хотя саму стратегию борьбы с хищником ввести в уравнения весьма затруднительно). В данной модели принято, что хищники определяют главный член гамильтониана  $H_0$ , но очевидно, что в природе имеется множество случаев, когда это не так. Например, ситуация с сумчатыми в Австралии, где их эволюция определяется иными экологическими

факторами. Кроме того, члены  $H_0, H_1, H_2$  могут часто меняться местами. Например, известно, что, когда травоядные поедают траву больше определённой нормы, в ней начинают активно плодиться паразиты, которые уменьшают поголовье животных, защищая таким образом вид растений [12]. Следовательно, трава превращается из ресурса в хищника для этих особей, и увеличение их численности сменяется уменьшением.

Принцип суперпозиции, который используется в квантовой механике, основан на представлении о независимости показателей свойств частицы, например, электрона в атоме, что позволяет в первом приближении описывать его поведение линейной суперпозицией его собственных состояний. Суперпозиция – это линейная комбинация базисных, независимых векторов, или их линейная оболочка.

На одно из проявлений квантовой суперпозиции в биологии обратил внимание Э. Шредингер – в случае, когда оба аллеля, и рецессивный, и доминантный, определяют онтогенез организма [6]: при скрещивании гомозиготных белого львиного зева с малиновым получаются розовые потомки, т.е. с промежуточным окрасом. Таким образом, рецессивность и доминантность могут быть не абсолютны, а аллели отца и матери выполнять роль «независимых координат».

Представление о линейности и суперпозиции связано с представлением о закрытости системы, когда, например, атом существует бесконечно долго, и электрон может вечно в нём осциллировать, тогда уравнение Шредингера выглядит следующим образом:

$$i\hbar \frac{d\varphi}{dt} = H_0\varphi, \text{ где } H_0 = \text{const.} \quad (5)$$

В терминах экологической ниши это означает, что внутри неё поддерживается постоянный диапазон температур, имеются бесконечные пищевые ресурсы и т.д., иными словами, вид может вечно существовать, осциллируя вокруг некоторого значения его численности. Но в действительности закрытых систем не существует, и мы наблюдаем как энтропийные процессы, так и обратные, когда появляются когерентные состояния, уменьшающие энтропию. Имеются различные подходы к моделированию физических процессов в открытых системах (уравнение Линдблада, эффекты Белоусова-Жаботинского и т.д.) [8].

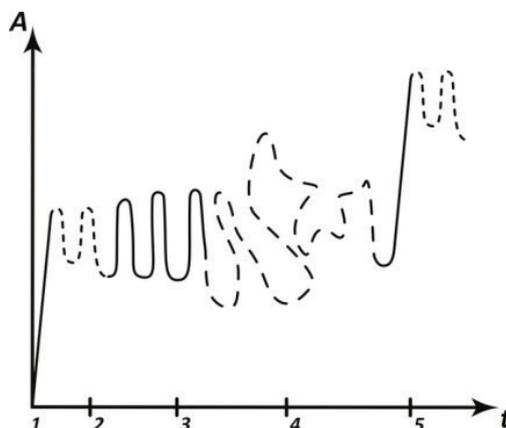
Исходя из нашего подхода к состоянию биологического вида в экологической нише, возвращаемся к уравнению (2), где  $H_2$  может нелинейно зависеть от  $H_0$ . В рамках нашей аналогии экологическая ниша выполняет роль биологического оператора  $H$ , приводящего к эволюции волновой функции вида живого. Причем, важно, что в нашей модели этот гамильтониан является оператором над полем комплексных чисел, т.е. работает в комплексной области.

В попытке осмысления такой эволюции нами ранее была предложена модель *нелинейного осциллятора* в качестве описания эволюции произвольной сущности, в том числе вида живого [13].

Произвольный биологический вид обладает определённой устойчивостью, характеризующийся некоторой временной длительностью его существования. Если рассмотреть длительности, превышающие наиболее характерные для него, то в итоге вид, как целое, теряет устойчивость и может либо совсем исчезнуть, либо распаться на производные от него биологические подвиды и на составляющие его особи, способные занять иные экологические ниши, например, путём миграции. Подобный процесс можно представить в виде диаграммы – модели, изображённой на рисунке 1.

Модель демонстрирует в общем виде эволюцию биологического вида, проявляющего системные (и волновые) качества, иначе говоря, сохраняющего определённую темпоральную инвариантность (по оси  $t$ ), которая здесь соответствует этапу устойчивых осцилляций амплитуды  $A$ , например, численности вида, продолжающиеся некоторый период. Важно отметить, что в модели подразумевается образование (синтез) новых сущностей как живой, так и неживой материи, на базе определённой экологической ниши.

На рисунке 1 этапы 1-2-3 демонстрируют период, когда эволюцию вида определяет только оператор  $H_0$ : этап 1 – рождение нового вида  $\varphi_0$  в пределах новой ниши  $H_0$ , этап 2 – адаптация вида (мелкий пунктир), этап 3 – устойчивые осцилляции численности, когда вид устойчиво существует (сплошная синусоидо-подобная кривая)



**Рисунок 1.** Модель-диаграмма нелинейного осциллятора, демонстрирующая эволюцию биологического вида.  $A$  – численность вида.  $t$  – время эволюции вида

Этапы 4-5 демонстрируют период, когда становится существенной часть гамильтониана  $H_1, H_2$ , либо внутренний ресурс вида меняет  $H_0$ , преобразуя экологическую нишу, создавая новую  $H_0 + H_2$ , либо внешние условия преобразуют нишу  $H_0 + H_1$ , с последующим рождением нового вида  $\phi_1$ , и затем повторение всех этапов.

Как можно заметить, представленная модель содержит два особых аспекта (на этапах 1, 2 и 4), отсутствующие в традиционной диалектике эволюции, во-первых, этап синтеза в большинстве случаев предваряется этапом *хаоса*, что характеризуется неустойчивостью существования, во-вторых, в диаграмме акцентируется этап *адаптации*, который Хомский назвал этапом выхода из стохастического колодца [14]. Этап хаоса онтологически необходим, поскольку синтез, означающий кардинальную трансформацию вида, невозможен на гармоническом этапе (по причине высокой инертности биологического вида).

Такая обобщённая модель для трёх этапов эволюции вида названа *нелинейным осциллятором*, так как она демонстрирует линейность только на определённом этапе, заканчивающемся резко нелинейным этапом и последующим новым синтезом. Линейный этап характеризуется участием двух основных сил: жертва-хищник, вид-пищевой ресурс, вид-болезнь (смерть). Согласно теореме Пуанкаре [15], устойчивые осцилляции невозможны, если сил больше двух. Таким образом, если гамильтониан определяется тремя силами (связями), которые нельзя разбить попарно (т.е. появляются перекрёстные члены), например, жертва-хищник-болезнь, то такой биологический вид с большой вероятностью выйдет из устойчивого состояния.

Как уже отмечалось выше, если все координаты независимы, то гамильтониан представляет собой сумму частей, что соответствует устойчивым многомерным осцилляциям  $-\sum_i w_i$ .

Необходимо прояснить, что вид нелинейности — квадратичная, кубическая и т. д. в рамках нашей модели неважен. В общих чертах поведение осциллятора будет подобно изображённому на рисунке 1 [15]. Основным их отличием будет длительность каждого периода: адаптации, гармонической устойчивости, хаотического. В то же время эта диаграмма позволяет обобщить представление о собственных значениях волновой функции, которой оперирует квантовая механика, и таким образом соединить разные масштабы микромира и макромира. Если мы представим ничем не ограниченную произвольную микрочастицу, то такая частица, согласно квантовой механике, будет описываться бесконечной волной в пространстве-времени. В случае внешних ограничений волновая функция локализуется внутри них, и будет описываться рядом устойчивых собственных значений, которые определяются как границами (формой), так и внутренними параметрами (заряд, энергия), отвечающими за содержание сущности. В макромире произвольный биологический вид ограничен множеством условий и поэтому имеет как темпоральные, так и пространственные пределы.

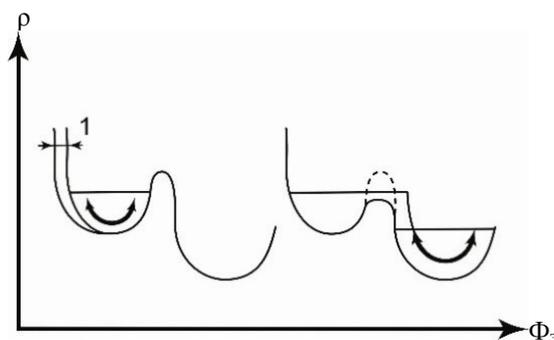
С другой стороны, произвольный биологический вид — это, как правило, устойчивая система, состоящая из некоторого набора организмов, существующих каждый в своей нише. Заметим, что понятие устойчивости как обладания некоторым порядком во времени, также эволюционирует: до недавнего времени считалось, что кристаллы могут обладать только определёнными симметриями, которые исключали, например, симметрию пятого порядка, однако недавно были обнаружены структуры, названные квазикристаллами, обладающие такой симметрией.

В рамках нашей модели согласованное (когерентное) состояние особей, длящееся на протяжении гармонического этапа, можно назвать *собственным значением* экологической ниши, актуализированной в виде определённого биологического вида.

**Модель экологической ниши как потенциальной ямы биологического вида, механизмы их сопряжённой эволюции.** Продemonстрируем несколько квантово-механических эффектов на примере эволюции вида, чтобы показать соответствие нашей модели реальной экологической нише. В рамках открытий, сделанных Г.Ф. Гаузе, Д. Лэком, можно представить природу указанных выше обобщённых *собственных значений* биологического вида. Закон Гаузе, который гласит, что «два вида животных с одинаковыми экологическими потребностями не могут жить в одном ареале» [16], оказывается, как бы подобием принципа Паули (два и более фермиона, не могут одновременно находиться в одном и том же состоянии). Например, два вида белок могут обитать на одной территории, но располагаться на разных уровнях деревьев и почти не пересекаться друг с другом. Изменение экологической ниши сопряжено с изменением потенциальной ямы и соответственно с изменением её *собственного значения*, что отражается на трансформации вида. В итоге вид, поменяв экологическую нишу, меняет внешний облик, что сопряжено с определёнными изменениями на уровне генома. На рисунке 2 представлена диаграмма нелинейного осциллятора в терминах экологических ниш.

На рисунке 2 *экологическая ниша* изображена в виде потенциальной ямы, внутри которой вид осциллирует, подстраиваясь под её форму. Цифрой 1 обозначено незначительное изменение параметров экологической ниши (например, температуры, ресурсов, конкурентов, и др.), не приводящие к изменению вида, который продолжает осциллировать внутри ниши. Но если ниша трансформируется существенно, как показано далее на диаграмме слева рисунка 2, когда ограничение, сдерживающее вид внутри неё, существенно снижается, тогда происходит этап синтеза, и вид занимает принципиально новую нишу.

Исследователями [2] отмечается, что возможно «просачивание» вида за пределы экологической ниши. Тогда вторую часть рисунка 2 можно изобразить иначе (по аналогии с туннельным переходом в квантовой механике), как показано на рисунке 3.



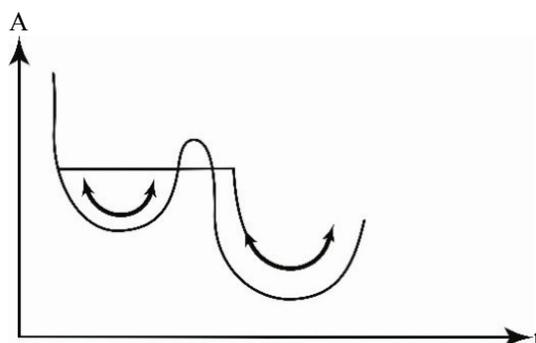
**Рисунок 2.** Эволюция экологических ниш. Дугообразной стрелкой показаны осцилляции вида внутри ниши. Горизонтальные прямые-максимальные амплитуды осцилляций плотности вида ( $\rho$ ).  $\Phi_3$  – экологический фактор

Такое «туннелирование» (при ограничениях) через барьер и занятие новой экологической ниши возможно за счёт внутренних энергетических ресурсов, что подобно пути эволюции по теории Ламарка. Так, например, Дэвид Лэк [16] обнаружил, что увеличение размера клюва у галапагосских вьюрков имеет скорее социальную природу, а не является ответом на изменения пищевой цепочки. Особи одного подвида устанавливают родство только с особями, обладающими клювами соответствующего размера, что является внутренним ресурсом эволюции. Интересно, что некоторое время вид выступает суперпозицией двух подвидов, пока подвиды не разойдутся по различным экологическим нишам (аналогично в квантовой механике волновая функция также является суперпозицией собственных функций, которая «эволюционирует»).

Модель нелинейного осциллятора вида живого в экологической нише в общих чертах соотносится с синтетической теорией эволюции, обоснованной в двадцатом веке С.С. Четвериковым, Дж. Холдейном, Р. Фишером, Г.Ф. Гаузе, Д. Лэком. Синтетическая теория соединила в себе дарвиновскую теорию эволюции, представления Ламарка и достижения новейших исследований в области генетики.

Прежде всего, учёными было установлено, что пространство естественного отбора является сопряжённым с пространством генетических изменений и поэтому одно без другого рассматривать нельзя: изменения в одном тут же сказываются в другом (внешние и внутренние изменения модулируют геном, который посредством вида влияет на экологическую нишу). Кроме того, ряд учёных, таких, как Линн Маргулис, Ник Лейнид, Ноам Хомский [14], полагают, что имеются мутации двух различных типов: микромутации, описывающие дрейф генов, иными словами, мягкую подстройку организма под изменения внешних условий, и макромутации, в результате которых происходит зарождение новых видов (в том числе появление новых органов). Тогда, в согласии с моделью на рисунке 1, микромутации – это непрерывные устойчивые гармонические осцилляции, которые представляются ответом на изменение внешних условий, тогда как макромутации — взрывной сингулярный переход, который связан не только с внешним, дарвиновским давлением, но и с внутренней энергетикой, что можно в какой-то степени отнести к неоламаркизму.

Внешние причины можно связать с дарвиновским путём эволюции, тогда как внутренние с путём Ламарка. И те, и другие могут преобразовывать экологическую нишу, что меняет граничные условия, и, соответственно, собственные значения волновой функции вида, в итоге преобразовывая его. Внешние причины могут быть связаны, например, с похолоданием или потеплением. Внутренние – с влиянием вида на экологическую нишу, которое может быть различных типов. Например, биоотходы преобразуют химический фон экологической ниши. Или возможно самовлияние, например, посредством эпигенетической модуляции. Согласно Ламарку, виды эволюционируют в направлении желания индивида, которое формируется необходимостью. Например, если на некоторой территории на среднем уровне деревьев листьев стало недостаточно и остались листья только на верхнем уровне — это должно заставить удлиняться шею у животных, поскольку они потянутся к верхним, что в итоге приведёт к образованию нового вида животных, типа жирафа или слона с длинным хоботом. Различные прямые эксперименты показали, что в подобном варианте теория Ламарка неверна. Но искусственное стимулирование желания и жизненно необходимая потребность – это разные экспериментальные условия.



**Рисунок 3.** Диаграмма с демонстрацией «просачивания» вида из одной экологической ниши в другую, более выгодную для существования

Теория Дарвина подразумевает, что изменения вида происходят часто и их много, но актуализируются те, которые оказываются выгодны виду, и вид приобретает конкурентные преимущества, большую устойчивость. Таким образом, обобщая, можно полагать, что дарвиновская теория ближе к описанию гармонической части эволюционного пути видов осцилляциями внутри экологической ниши, в то время как для описания синтетического этапа более соответствует теория Ламарка. Это может объяснить парадокс появления на двух различных эволюционных ветках совершенно одинаково устроенных органов, например, глаза. Бергсон [17] описал сходство глаз, присущих морским гребешкам (вид моллюсков) и млекопитающим. Согласно дарвиновской эволюционной теории такое невозможно.

В пользу реализации эволюционного пути по Ламарку может свидетельствовать современное представление о геноме: это не просто длинная молекула из нуклеотидов, расположенных в определённом порядке, но и сложная топологическая надмолекулярная структура, то есть обладающая многоуровневой формой, которая сопряжена с её энергетическим статусом. Такая многоуровневая упаковка характерна и для других важных биополимеров в клетках, например гемоглобина в эритроцитах крови. В экспериментах с эритроцитами обнаружено, что незначительная модуляция конформации гемоглобина может приводить к существенному изменению динамики биологической структуры. Эритроцит обладает четырьмя центрами захвата кислорода в виде четырёх атомов железа, расположенных внутри гемоглобина, и эффективность захвата кислорода одним из центров определяется тем, был ли захвачен кислород остальными центрами. Далёкий для остальных трёх центров захват кислорода меняет всю топологию эритроцита, и таким образом реализуется дальняя связь.

В то же время имеются экспериментальные данные, указывающие на корреляции между степенью проявления разумности с особенностями пространственной упаковки генома [18]. В связи с этим необходимо учитывать особенности когнитивных связей внутри вида (по аналогии, например, с муравейником), что комплементарно его геному.

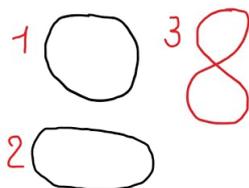
Мы предполагаем, что на уровне биологического вида проявляется отображение некоторых свойств экологической ниши в топологии генома, ведущее к изменению его конформационного (сопряжённого энергетическому) состояния. В этом смысле существенной становится сопряжённость потенциала внутри экологической ниши, реактивности топологической структуры генома и когнитивных способностей вида.

На рисунке 4 упрощённо демонстрируется динамическое соответствие генома и экологической ниши, где изменения вида внутри одной экологической ниши (или «дарвиновские осцилляции») соответствуют осцилляциям генома между формами 1 и 2, тогда как ламарковские преобразования приводят к изменениям формы от 1 к 3.

Таким образом, может возникать связь между топологией (энергетическим статусом) генома и структурным базисом (биологическим оператором) экологической ниши через онтогенез. Топологию генома определяет множество факторов, включая эпигенетические модификации. На наш взгляд, некоторые эпигенетические преобразования могут понижать порог энергетического барьера конформного преобразования генома. Такие модуляции генома могут формироваться не только внешней средой, но и волей (психической энергией) индивида. Например, диета – один из способов эпигенетической модуляции. Другой способ такой модуляции – груминг у обезьян. Эпигенетическая модуляция одновременно модулирует энергетическую яму, внутри которой осциллирует состояние генома.

Нужно заметить, что смена конформационных состояний генома – многоуровневый процесс, разворачивающийся длительно во времени. Например, если эволюционно глаз более выгоден энергетически, чем пигментное пятно, которое было ранее, энергетический барьер сохранится, пока не произойдёт весь комплекс изменений. Но когда появится новый видовой признак, запустится лавинообразный процесс, приводящий к процессу, названному стохастическим колодецом. Таким образом, в отличие от статистических осцилляций Дарвина, где задействован весь вид, в понижении энергетического барьера главную роль играет отдельный индивид (например, изменение у него некоторых конформационных (энергетических) состояний генома усиливает сообразительность особей вида при адаптации).

Как указывает Романовский в [9], специальных участков в цепи ДНК, ответственных за временное и пространственное развитие организма, обнаружено не было. Можно предположить, что именно чувствительная топология генома к воздействиям, сопряжённая с факторами экологической ниши, потенциально обеспечивает временные ключевые моменты онтогенеза и эволюцию вида в целом.



**Рисунок 4.** Диаграмма демонстрирует формы 1 и 2 генома, соответствующие осцилляциям вида внутри одной экологической ниши. Формы 1 и 3 демонстрируют смену энергетической формы генома при смене ниши

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая модели, рассмотренные в данной работе, можно заключить, что в рамках нашей гипотезы гармоническая фаза соответствует осцилляциям вида живого внутри экологической ниши. Период понижения барьера ниши и переход видав новую потенциальную яму соответствует этапам хаоса и синтеза (нелинейная осцилляция). При дальнейшем снижении барьера система будет стремиться сменить экологическую нишу и синтезировать биологический вид с новыми потребностями. Исходя из представления об устойчивых состояниях биологического вида (гармонических осцилляциях) как собственных значениях экологической ниши, можно полагать, что и человеческое существование характеризуется преодолением границ среды обитания вида *Homo sapiens* [19] путём «туннелирования» (смены экологических ниш), восстановлением устойчивости вида через этап нового синтеза, чему способствует особая открытость человеческой системы миру.

**Список литературы / Reference:**

1. Франкл В. *Человек в поисках смысла*. М.: Прогресс, 1990, 368 с. [Frankl V. *Man in search of meaning*. Moscow: Progress, 1990, 368 p. (In Russ.)]
2. Озерский П.В. К формализации концепции экологической ниши Элтона-Одума. История вопроса. *Функциональная морфология, экология и жизненные циклы животных*. М: Научные труды РГПУ им. Герцена, 2013, т. 13, № 1, с. 55-68. [Ozersky P.V. On the formalization of the concept of the ecological niche of Elton-Odum. The history of the issue. *Functional morphology, ecology and life cycles of animals*. Moscow: *Scientific Works of the Herzen State Pedagogical University*, 2013, vol. 13, no. 1, pp. 55-68. (In Russ.)]
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. *Квантовая механика (нерелятивистская теория)*. М.: Наука, 1989, 768 с. [Landau L.D., Lifshits E.M. *Quantum mechanics (non-relativistic theory)*. Moscow: Nauka, 1989, 768 p. (In Russ.)]
4. Шноль С.Э. Космофизическая природа идеи формы гистограмм, построенных по результатам измерений процессов разной природы. *Метафизика. Век XXI. Альманах*. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007, вып. 2, с. 284-320. [Shnol S.E. The cosmophysical nature of the idea of the form of histograms constructed from the results of measurements of processes of different nature. *Metaphysics. Century XXI. Almanac*. М.: BINOM. Laboratory of Knowledge, 2007, iss. 2, pp. 284-320. (In Russ.)]
5. Панчелюга В.А., Панчелюга М.С. Принцип Маха и универсальный спектр периодов: комплементарные фрактальные распределения как следствие рациональных и иррациональных отношений между частями целостной системы. *Метафизика. Журнал*, 2021, № 2 (40), с. 39-56. [Panchelyuga V.A., Panchelyuga M.S. The Mach principle and the universal spectrum of periods: complementary fractal distributions as a consequence of rational and irrational relations between parts of an integral system. *Metaphysics. Journal*, 2021, no. 2 (40), pp. 39-56. (In Russ.)]
6. Шрёдингер Э. *Что такое жизнь с точки зрения физики?* М.: РИМИС, 2015, 176 с. [Schrodinger E. *What is life from the point of physics view?* М.: RIMIS, 2015, 176 p. (In Russ.)]
7. Ашкрофт Н., Мермин Н. *Физика твёрдого тела*. М.: 2013, 459 с. [Ashcroft N., Mermin N. *Solid State Physics*. Moscow: 2013, 459 p. (In Russ.)]
8. Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б. *Биофизическая динамика продукционных процессов*. Москва-Ижевск: 2004, 464 с. [Riznichenko G. Yu., Rubin A. B. *Biophysical dynamics of production processes*. Moscow-Izhevsk: 2004, 464 p. (In Russ.)]
9. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. *Математическое моделирование в биофизике*. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003, 402 с. [Romanovsky Yu.M., Stepanova N.V., Chernavsky D.S. *Mathematical modeling in biophysics*. Moscow-Izhevsk: Institute of Computer Research, 2003, 402 p. (In Russ.)]
10. Иваницкий Г.Р. XXI век: что такое жизнь с точки зрения физики. *Успехи физических наук*, 2010, т. 180, № 4, с. 339-369. [Ivanitsky G. R. XXI century: what is life from the point of physics view? *Successes of physical sciences*, 2010, vol. 180, no. 4, pp. 339-369. (In Russ.)]
11. Зельдович Б.Я. Импеданс и параметрическое возбуждение осцилляторов. *Успехи физических наук*, 2008, т. 178, № 5, с. 489-510. [Zeldovich B.Ya. Impedance and parametric excitation of oscillators. *Successes of physical sciences*, 2008, vol. 178, no. 5, pp. 489-510. (In Russ.)]
12. Циммер К. *Паразит — царь природы: Тайный мир самых опасных существ на Земле*. М.: Альпинанон-фикшн, 2017, 362 с. [Zimmer K. *Parasite — the king of nature: The secret world of the most dangerous creatures on Earth*. Moscow: Alpinanon-fiction, 2017, 362 p. (In Russ.)]
13. Стригин М.Б. Аналитический и синтетический этапы эволюции произвольных систем: онтологические особенности и характеристики. *Современный учёный*, 2018, № 8, с. 31-39. [Strigin M.B. Analytical and synthetic stages of the evolution of arbitrary systems: ontological features and characteristics. *A modern scientist*, 2018, no. 8, pp. 31-39. (In Russ.)]
14. Хомский Н. *Человек говорящий. Эволюция и язык*. СПб.: Питер, 2018, 304 с. [Chomsky N. *A talking man. Evolution and language*. St. Petersburg: Piter, 2018, 304 p. (In Russ.)]
15. Арнольд В. И. *Теория катастроф*. М.: ЛЕНАНД, 2016, 136 с. [Arnold V. I. *Theory of catastrophes*. М.: LENAND, 2016, 136 p. (In Russ.)]
16. Галл Я.М. Дэвид Лэк: две версии видообразования, либо от нейтрализма к адапционизму. *Вавилонский журнал генетики и селекции*, 2014, т. 18, № 3, с. 585-598. [Gall Ya.M. David Lack: two versions of

speciation, either from neutralism to adaptationism. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2014, vol. 18, no. 3, pp. 585-598. (In Russ.)]

17. Бергсон А. *Творческая эволюция*. М.: Академический проект, 2015, 320 с. [Bergson A. *Creative evolution*. М.: Academic project, 2015, 320 p. (In Russ.)]

18. Марков А. *Эволюция человека. Нейроны и душа*. М.: Издательство АКТ: CORPUS, 2018, 512 с. [Markov A. *Humanevolution. Neurons and soul*. М.: Publishing house АКТ: CORPUS, 2018, 512 p. (In Russ.)]

19. Пригожин И. *Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой*. М.: Едиториал УРСС, 2014, 304 с. [Prigozhin I. *Order from chaos: a new dialogue between man and nature*. Moscow: Editorial URSS, 2014, 304 p. (In Russ.)]

## ECOLOGICAL NICHE AS A POTENTIAL PIT DETERMINING THE EIGENVALUES OF THE WAVE FUNCTION OF A LIVING

Strigin M.B.

Mitrial LLC

*Akademika Korolova st., 4, Chelyabinsk, 454004, Russia; e-mail: strigin1969@gmail.com*

Received 28.07.2022. DOI: 10.20930/rusjbpс.2022.0563

**Abstract.** This work considers the possibility of an analog transition between the microcosm of quantum mechanics and the macrocosm of biology, where the most important process is the relationship of a biological species (BS) with its ecological niche (EN). In the first workpart the hypothesis is put forward, that the EN acts as an analogue of a potential well in quantum mechanics, which makes it possible to apply the tools of the latter. Then the stable BS state, as a system structure, corresponds to the eigenvalues of some wave function that oscillates in the EN (like an electron in an atom). At the same time, it is possible to distinguish the linear and nonlinear stages of these oscillations. The evolution nonlinear part, when the BS enters a chaotic stage of existence, can be determined by both external changes in the EN and internal causes at the genome level. The first reasons can be called Darwinian, the second — Lamarckian. In general, the BS eigenvalues are determined by boundary conditions (based on the Hutchinson cube): generalized the EN geometry and other environmental factors. It is shown how the basic concepts of quantum mechanics such as superposition, tunneling through a potential barrier, the Pauli principle are manifest themselves in biology. The latter corresponds to Gause's law in biology: only one species with certain ecological needs can live inside one ecological niche. In the second work part possible evolutionary correlation effects are discussed between the potential well, determined by the corresponding EN, and the potential well, which affects the conformational (energy) genome state of the BS. It is assumed that a change in the EN transforms the informational genome status through natural selection. On the other hand, and a change in the genome topology of the individuals can eventually to change the species whole and lead to the transformation of its niche.

**Key words:** *ecological niche, biological species, Gause's law, quantum mechanics, wave equation, eigenfunction, potential well, boundary conditions, nonlinear oscillator, tunneling, evolution, genome.*